



L'empreinte azote dans nos modes de vie



ESCULIER Fabien
fabien.esculier@ponts.org
Chercheur en écologie

21 janvier 2016

Projet de recherche



OCAPI

Optimisation des cycles Carbone, Azote et Phosphore en ville



Quelques éléments sur l'élément azote



Azote atmosphérique N_2 inerte

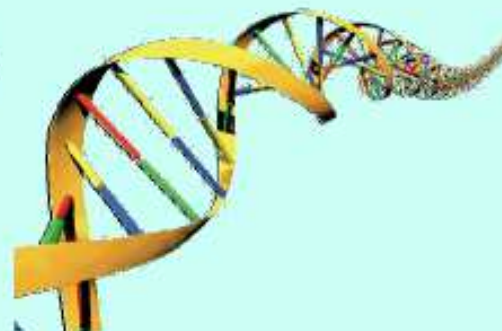
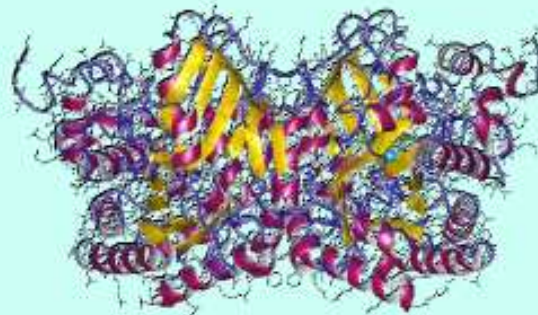
Avant 1900

la Rareté Structurante

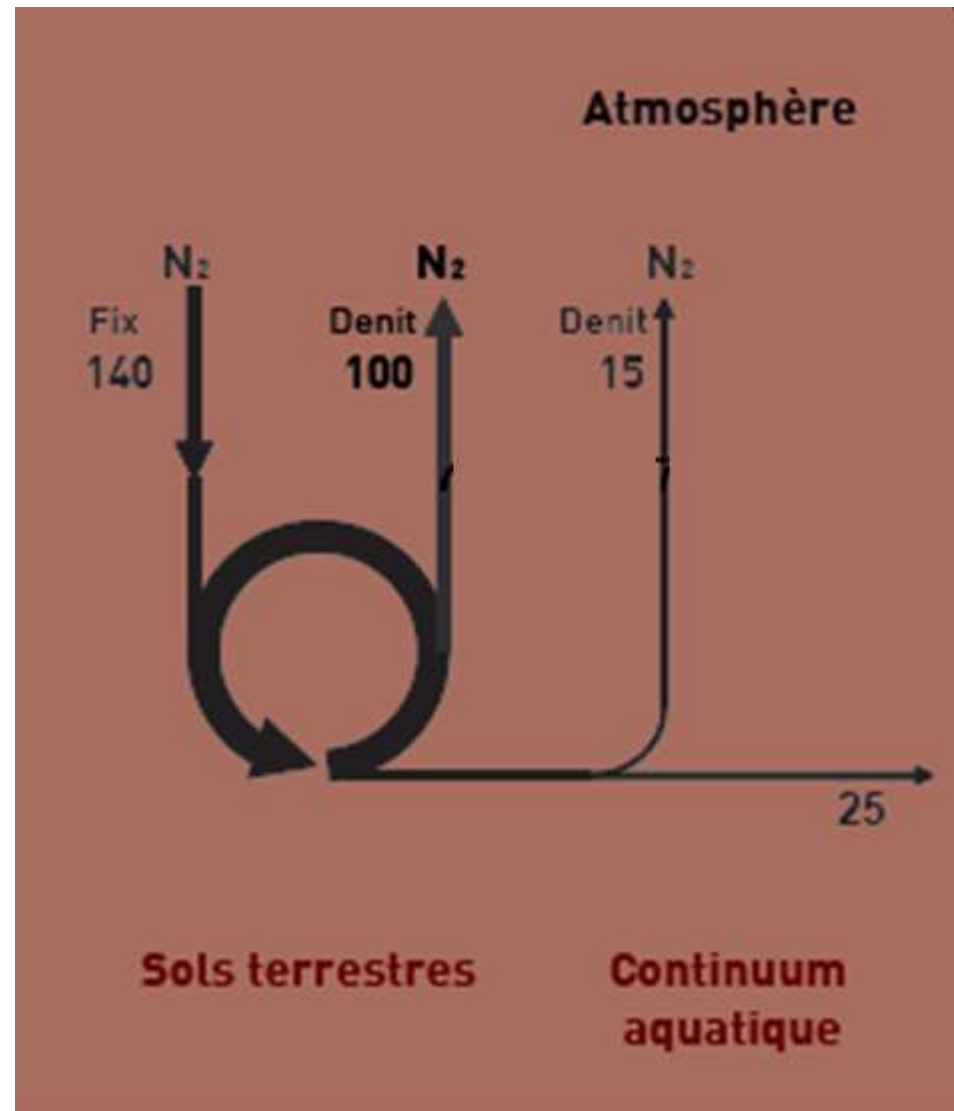
Azote réactif:

NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , N_2O , NO_2 ...

N organique: protéines, acides nucléiques



Cycle azote terrestre pré-industriel (planète entière – TgN/an)

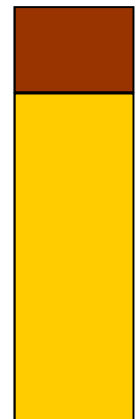
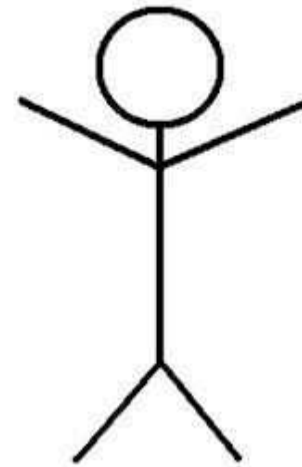


Métabolisme basal de l'Homme

Bilan
annuel



O₂



3,5 kg de N

3,5 kg de N

L'azote est présent dans les protéines
100 g de protéines = 16 g de N

La révolution du XXème siècle

- Synthèse industrielle de l'azote – Haber-Bosch (1914)

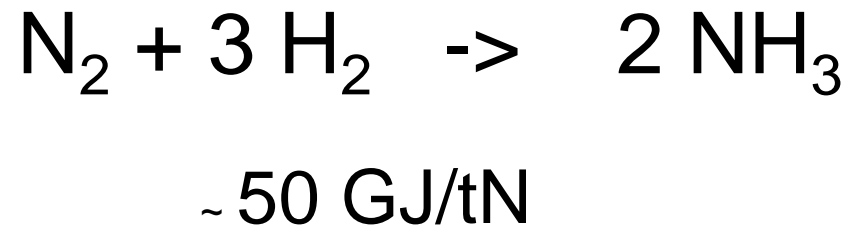


Usine Yara au Havre, ouverture fin années 60

4% des
émissions de
GES en France

AZF

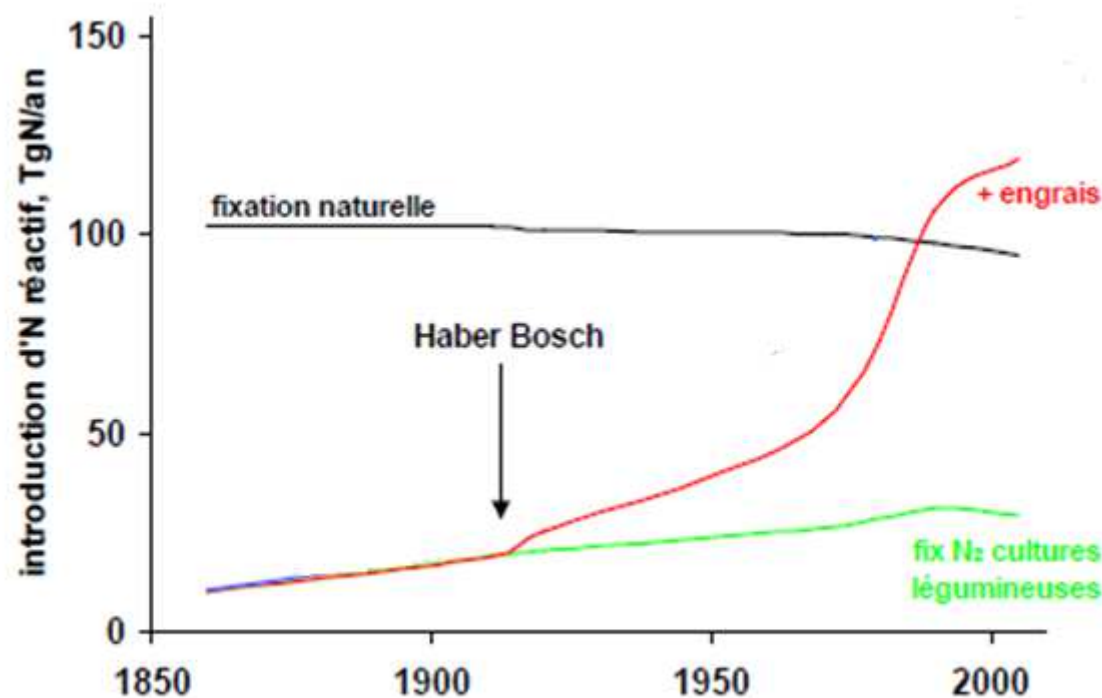
Nine twenty-one
31 morts



Plus qu'une révolution

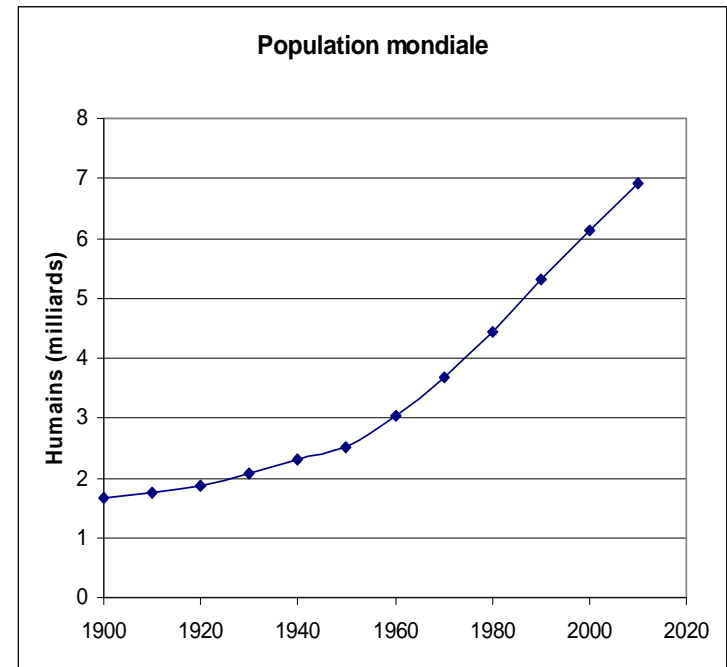
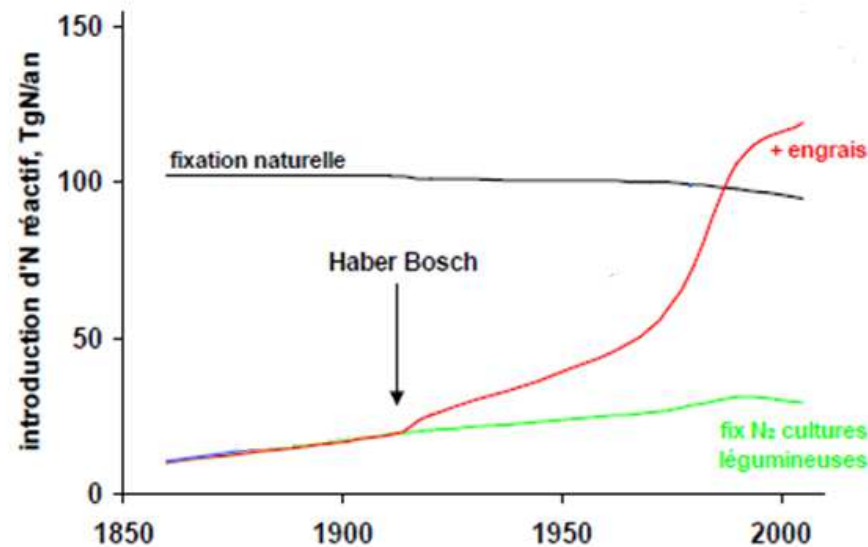
"L'extraordinaire développement [de l'industrie de l'azote] représente rien moins que l'avènement d'une nouvelle ère dans l'histoire de l'humanité, une nouvelle époque planétaire. Dans le court laps de temps d'une douzaine d'années – en un instant géologiquement parlant- l'homme a initié des transformations d'un ordre de grandeur comparable aux processus planétaires."

A. Lotka, 1924



Plus qu'une révolution

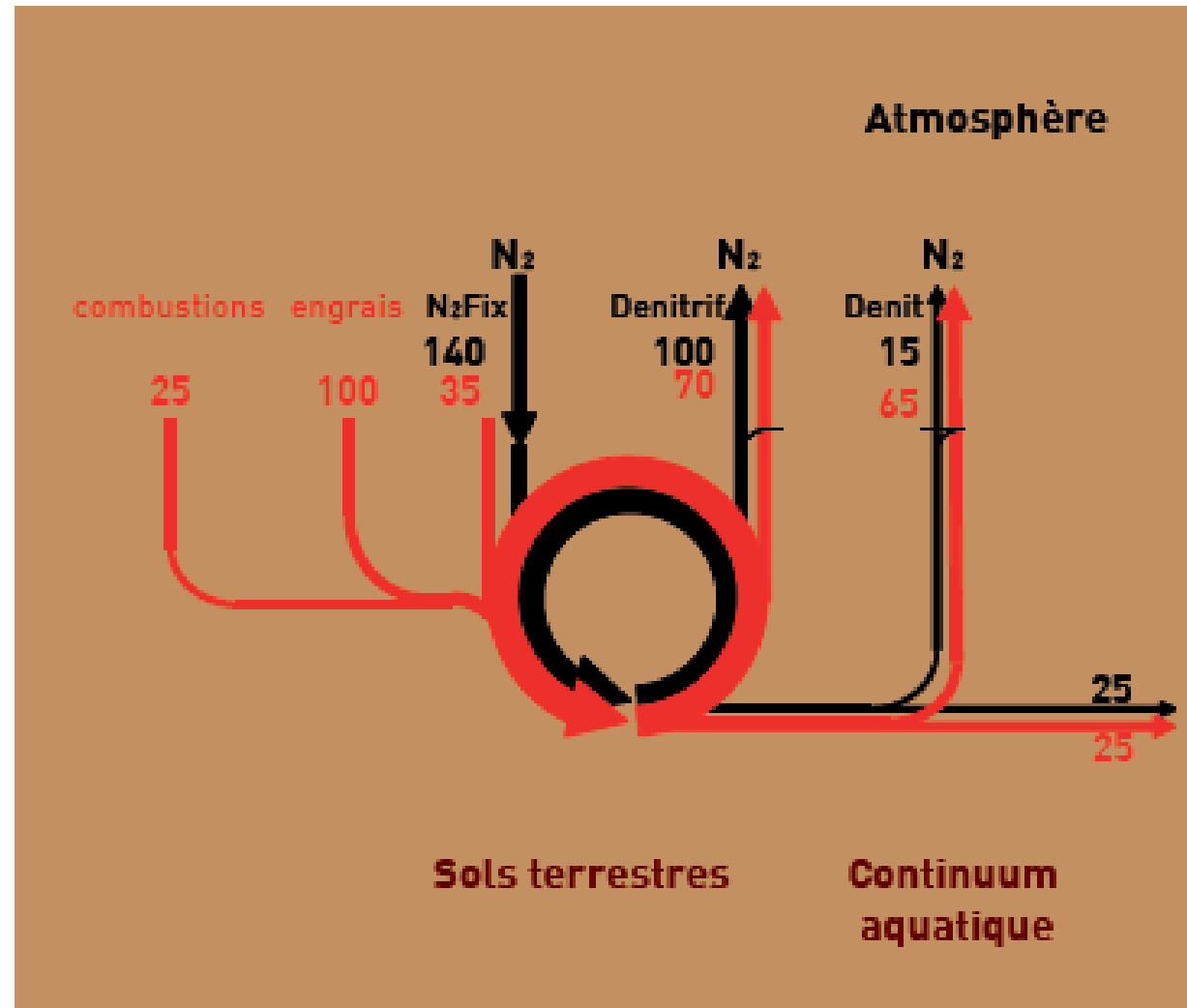
➤ « **Anthropocène** » (Crutzen, 2002 ; 80 ans après Lotka !)



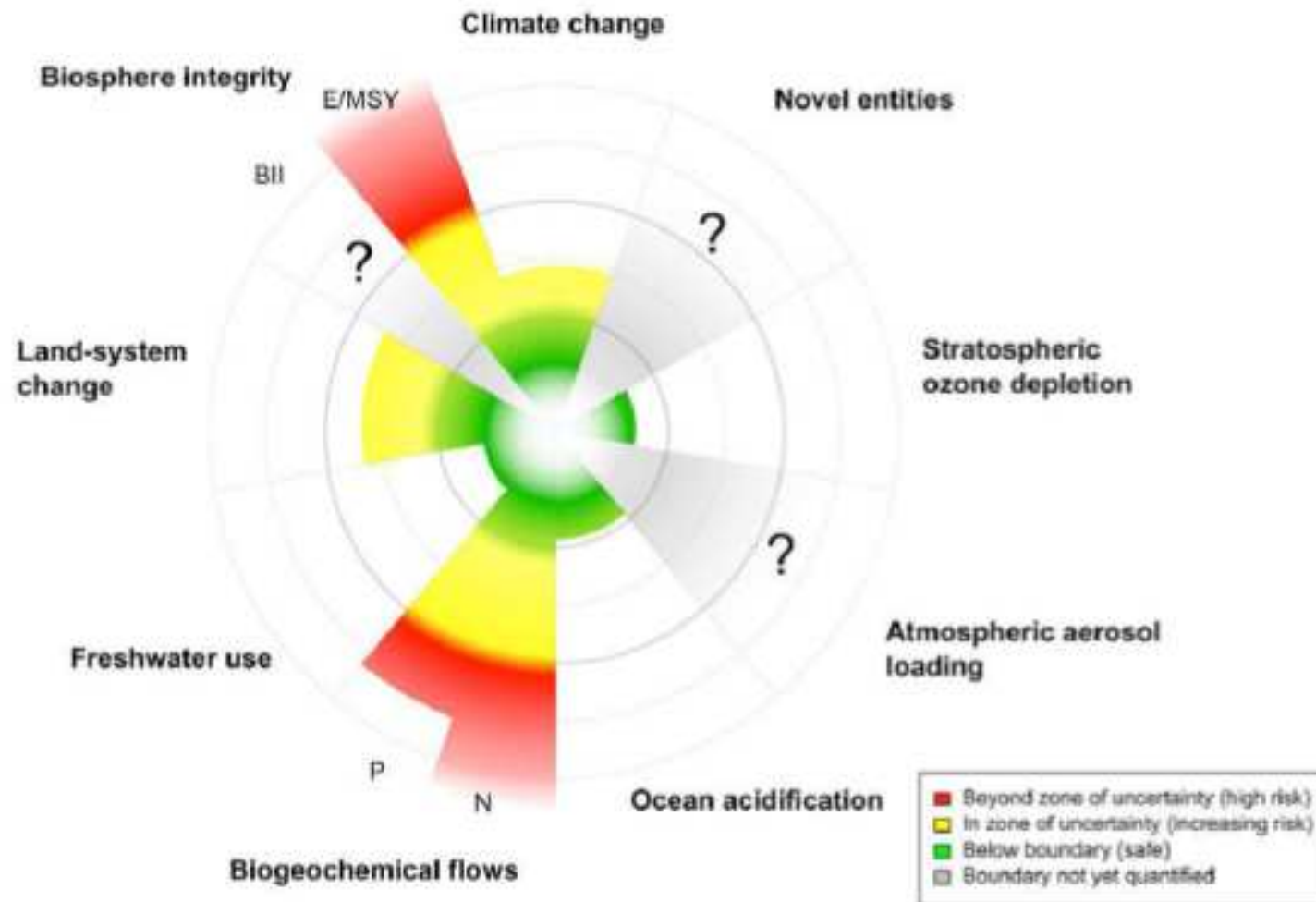
US Census Bureau ; ONU, 2012

Cycle azote terrestre aujourd'hui (planète entière – TgN/an)

- Cycle perturbé à 100%
- Le plus perturbé des cycles naturels
- Cycle du carbone : perturbation 10% !



Les limites de la planète



Les 9 plaies de l'azote



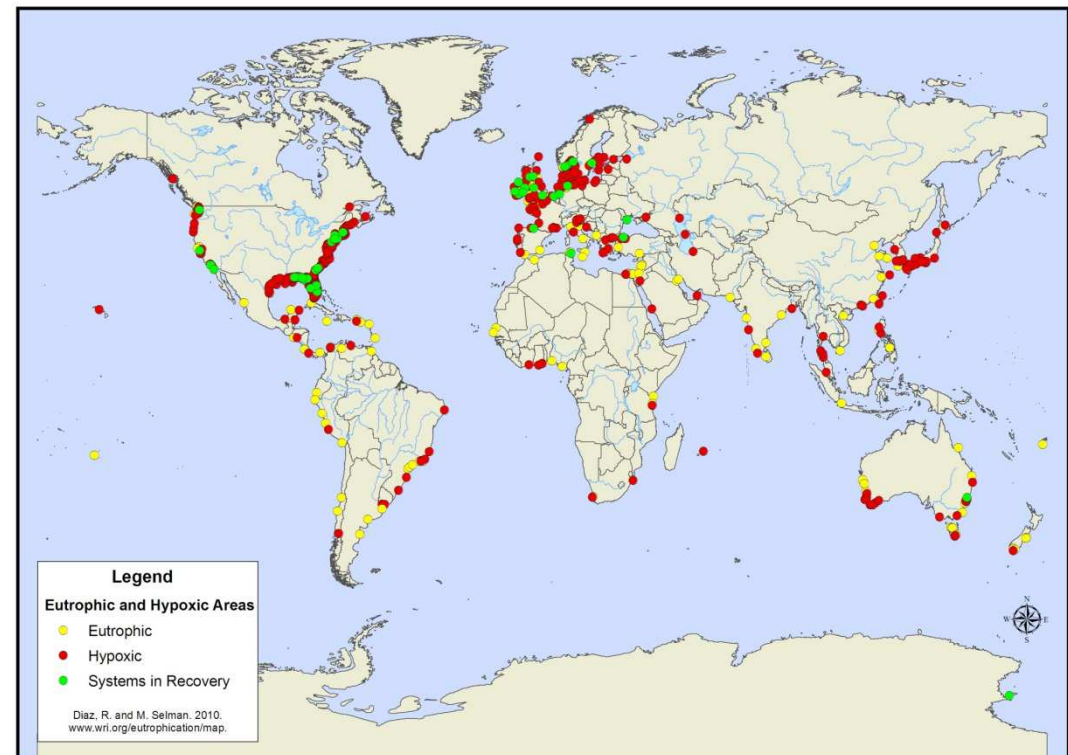
- *A pour Aquatic pollution*
- *C pour Coastal eutrophication*
- *T pour Terrestrial eutrophication and biodiversity loss*
- *A pour Acidification of soils and waters*
- *S pour Stratospheric chemistry and ozone*
- *Gr pour Greenhouse gas balance and warming*
- *O pour Ozone and plant damages*
- *U pour Urban air quality and health*
- *P pour Particles and human health*

Conséquences médiatisées en France

- Marées vertes
- Fermetures de captages d'eau potable :
Nitrates =
1 captage fermé
par semaine
en France !

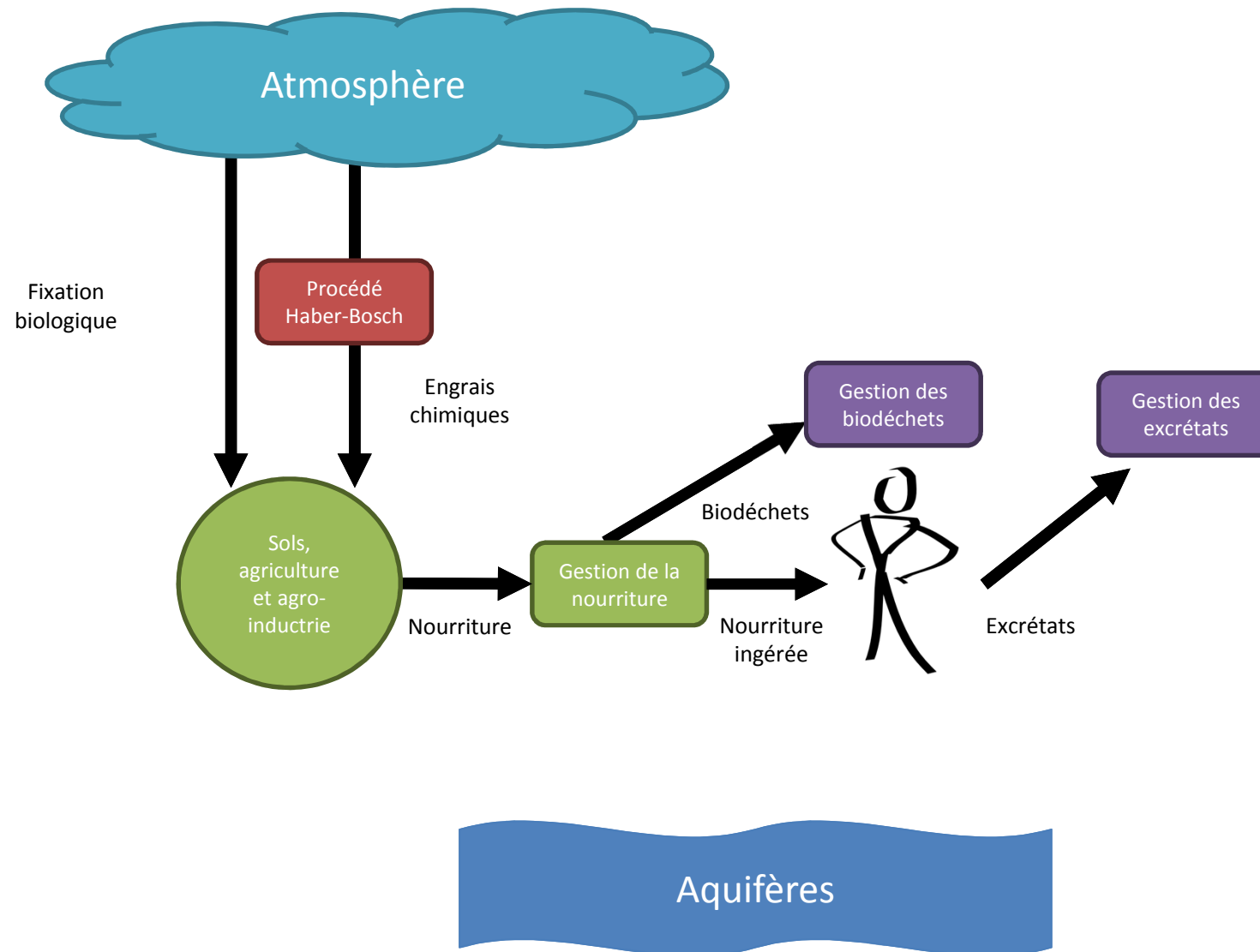


World Hypoxic and Eutrophic Coastal Areas

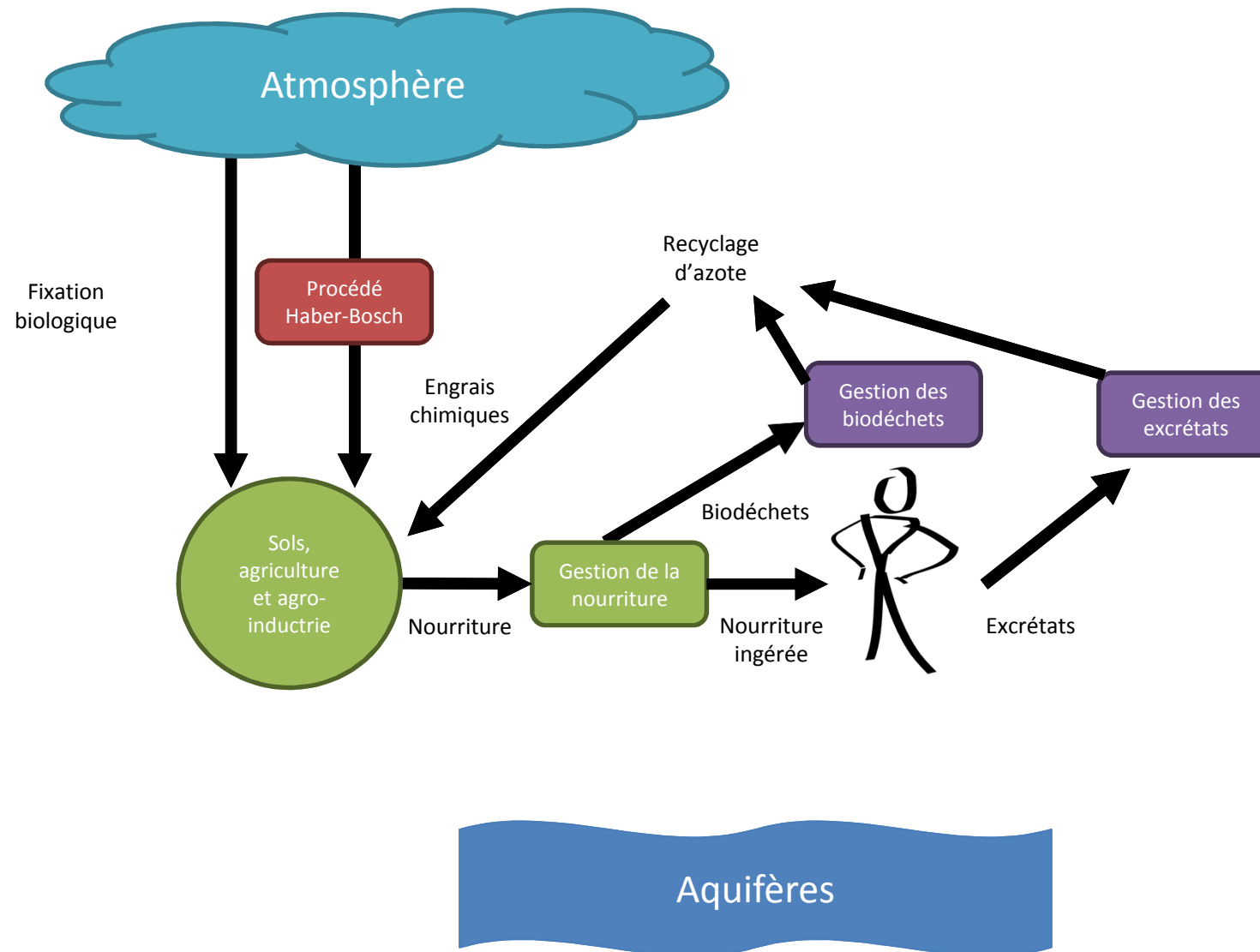


L'azote et le citadin

Flux d'azote



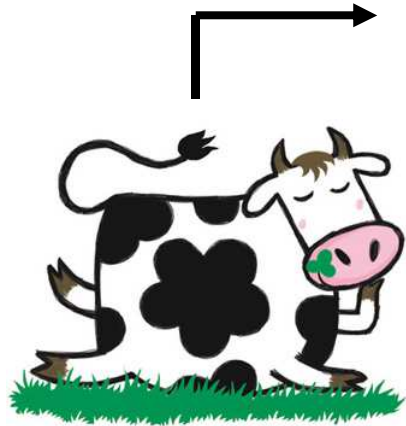
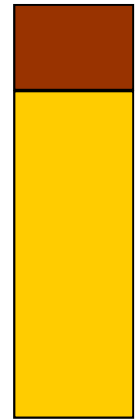
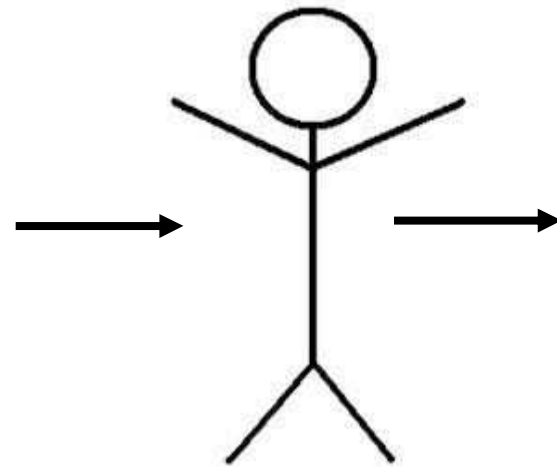
Flux d'azote



Encore 2 infos avant de jouer

Viande ou pas viande

Bilan
annuel



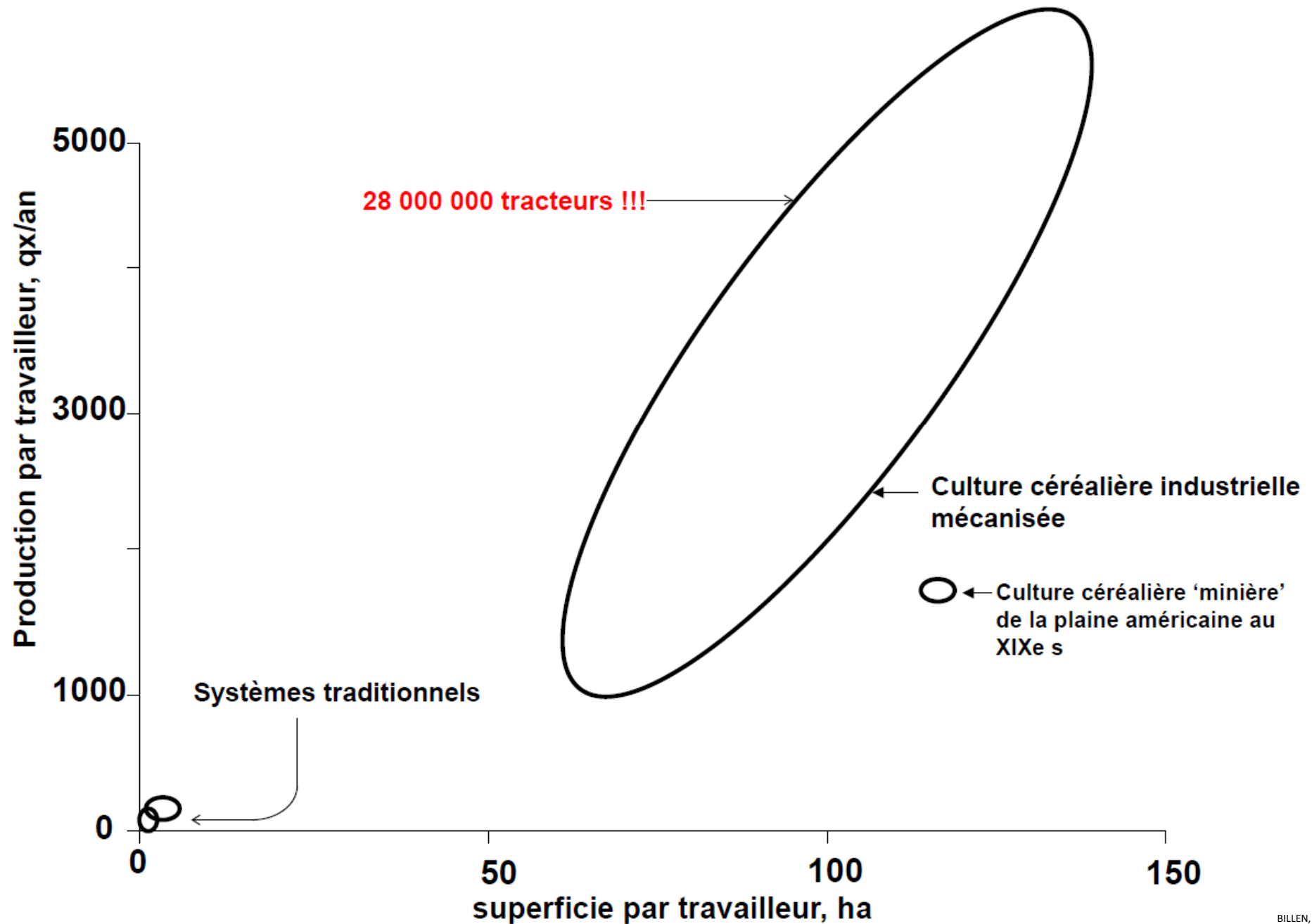
3,5 kg de N

3,5 kg de N

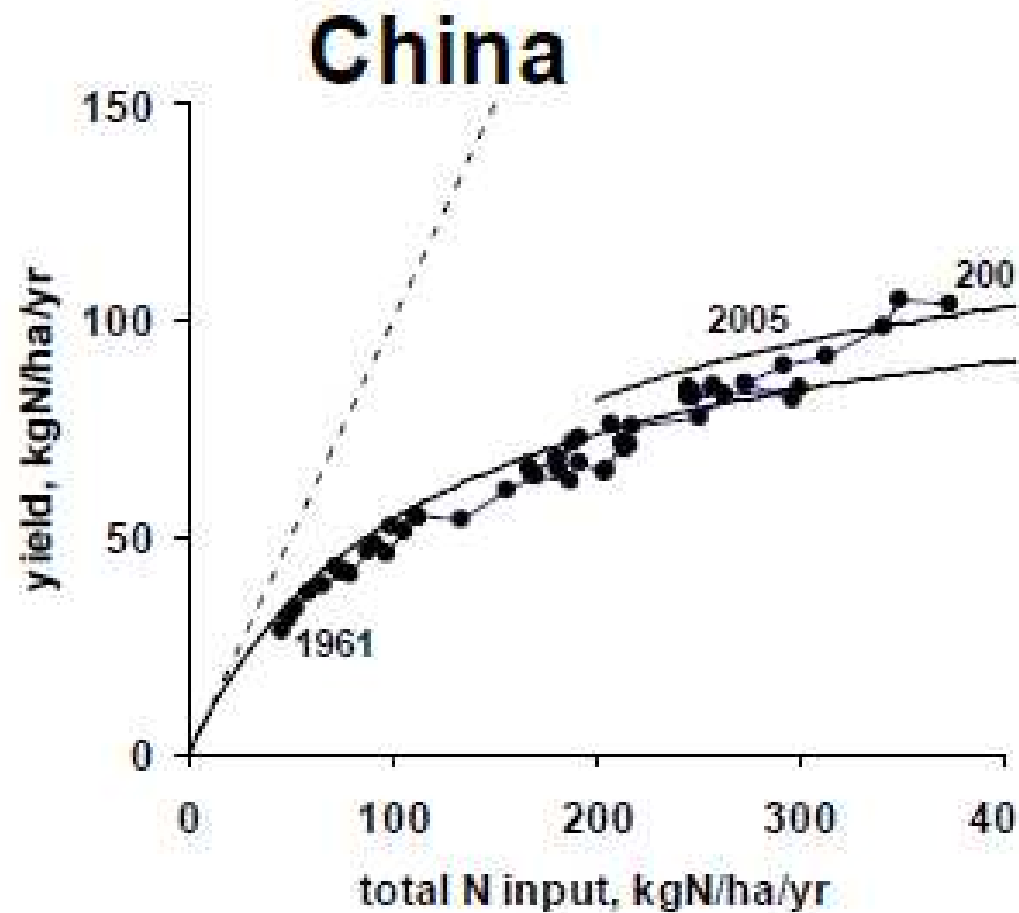
20 kg de N (France)

Les « miracles » des engrais chimiques

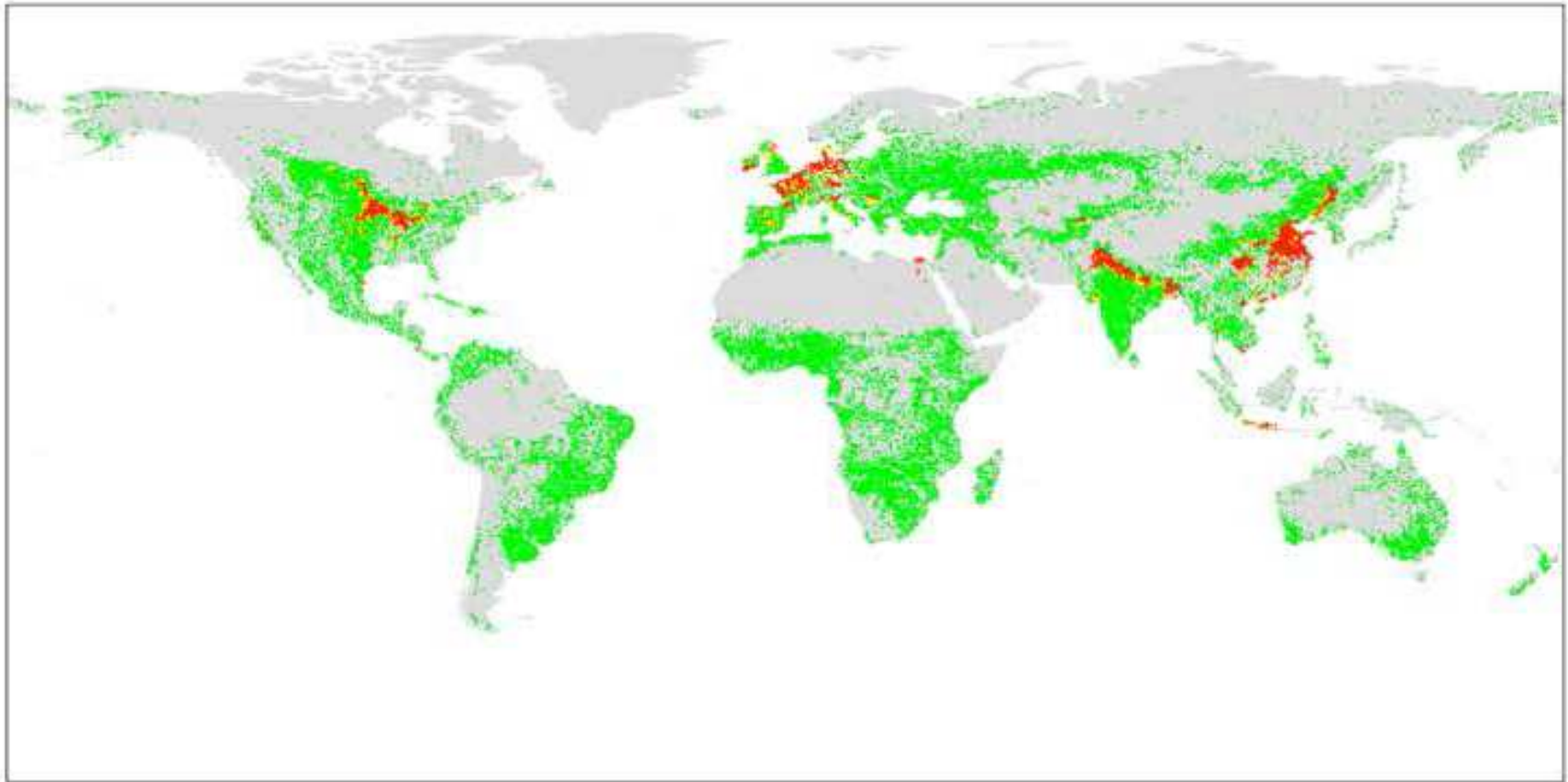
Contraste avec le système agricole industriel occidental



Efficacité d'utilisation de l'azote



B Nitrogen



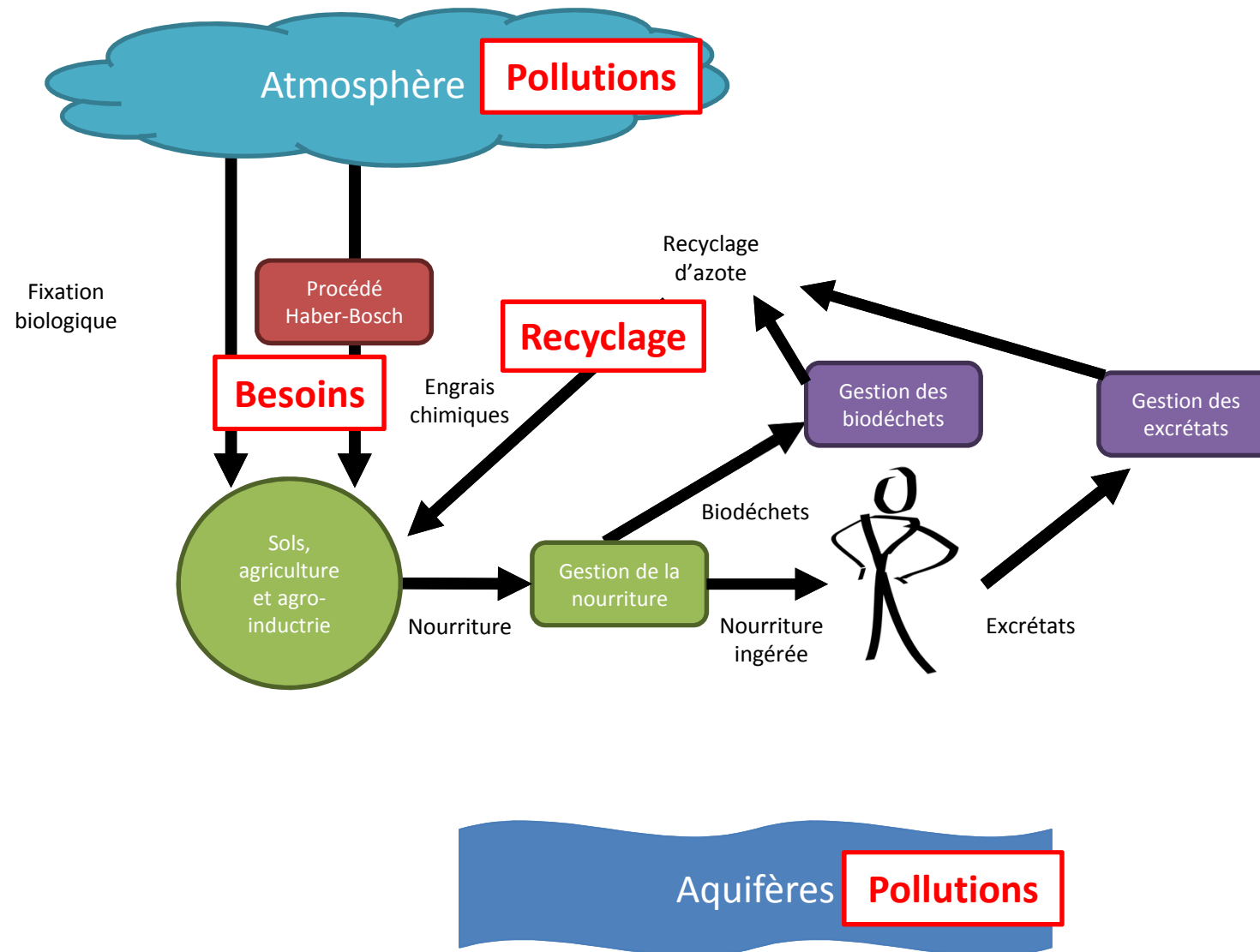
■ Beyond zone of uncertainty (high risk)

■ In zone of uncertainty (increasing risk)

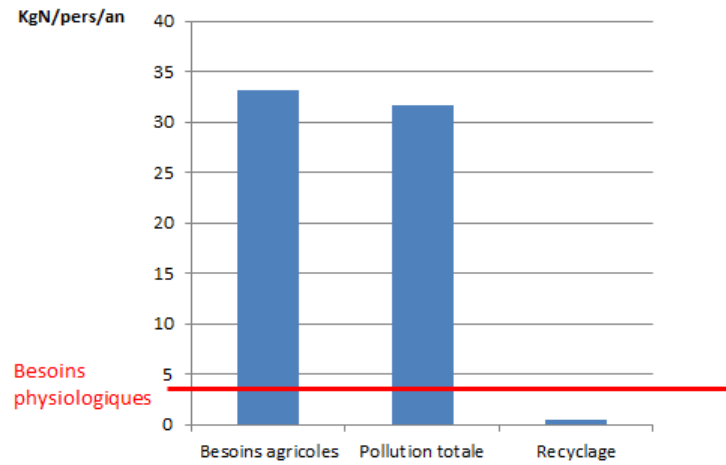
■ Below boundary (safe)

Jouons à l'empreinte azote

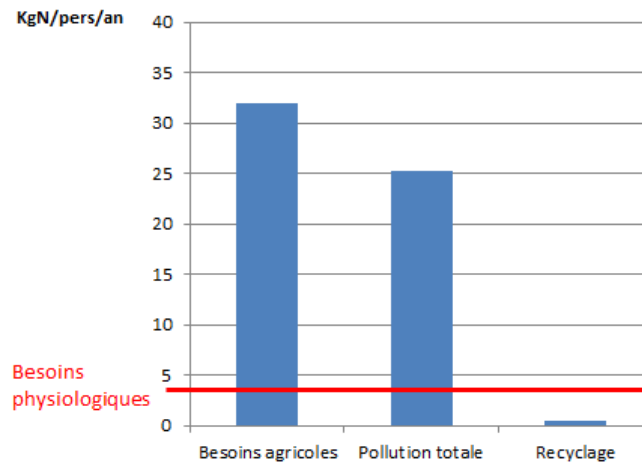
Flux d'azote



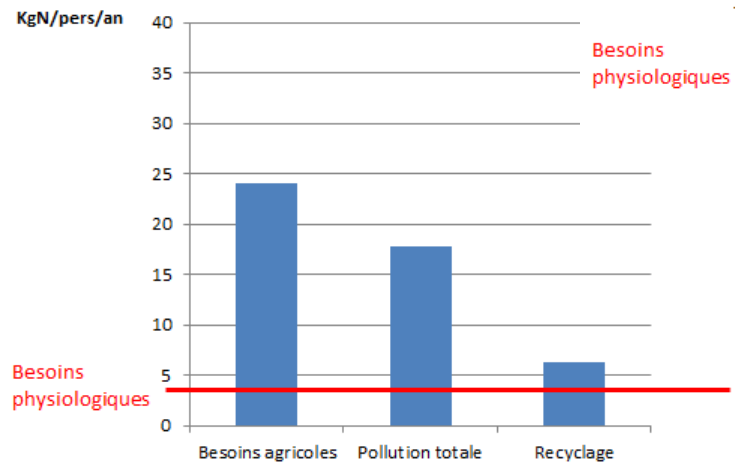
Empreinte azote 1



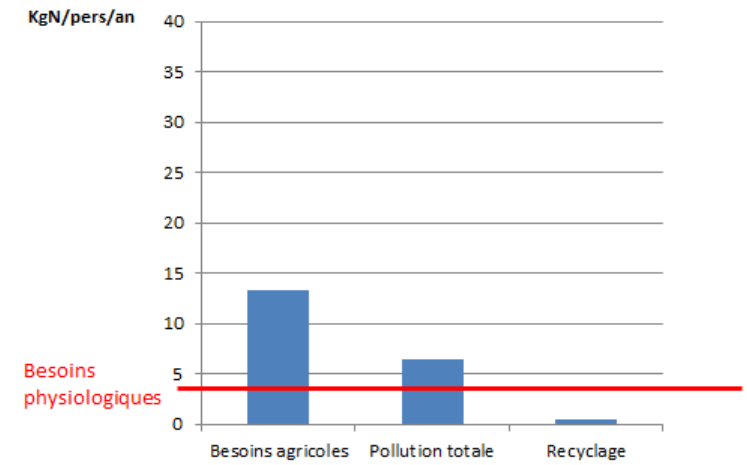
Empreinte azote 3



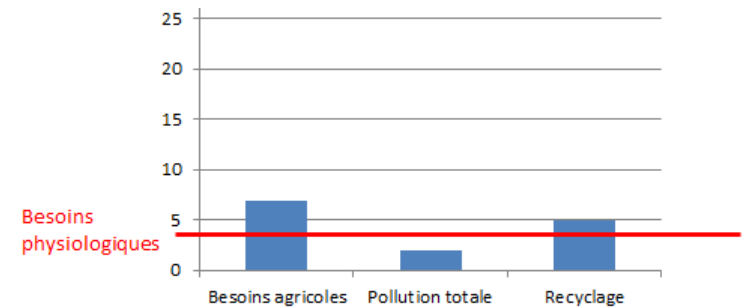
Empreinte azote 2



Empreinte azote 4



Empreinte azote 5



Résultats

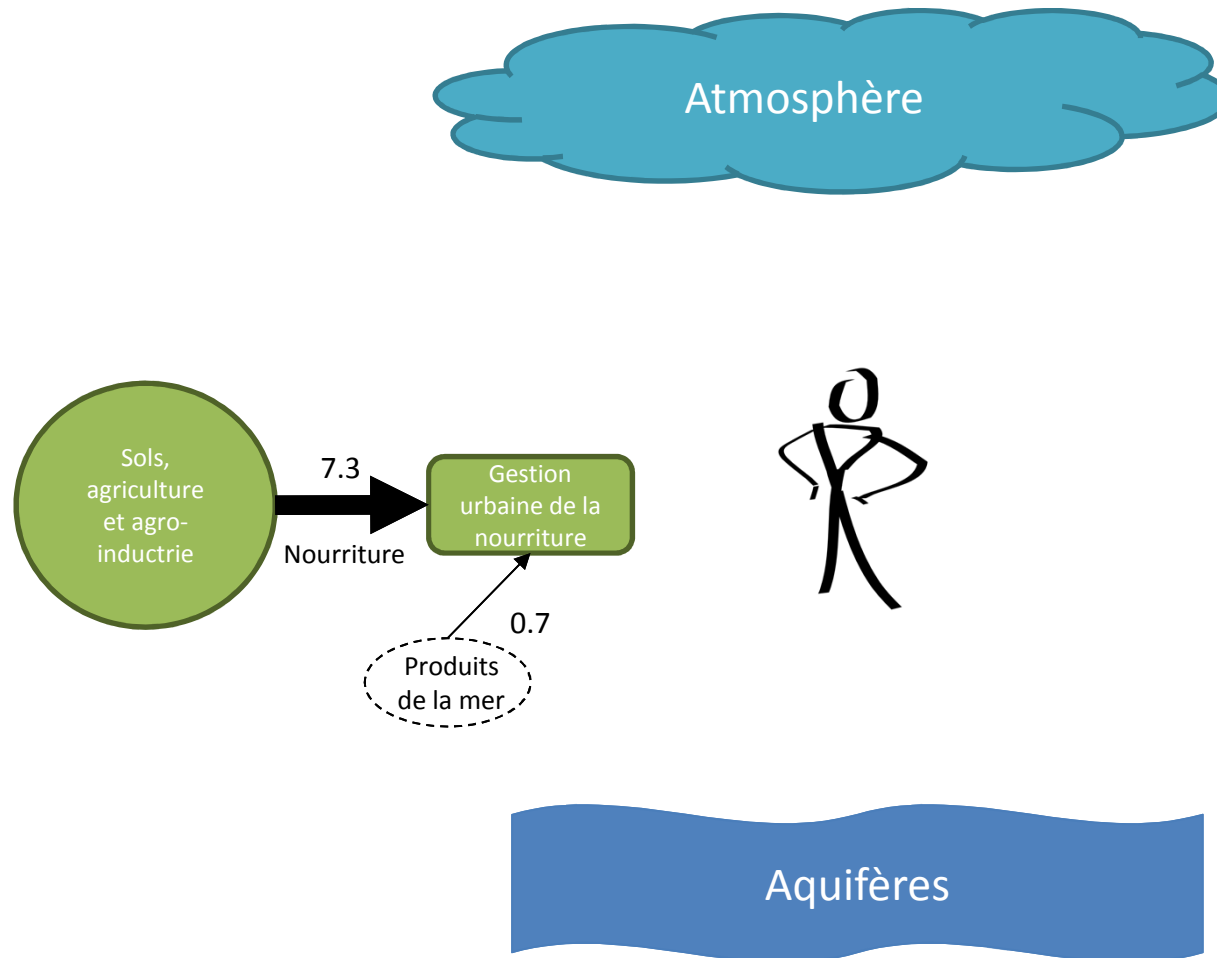
- Empreinte 1 = Paris 1985
- Empreinte 2 = Paris 20xx ? avec recyclage total des biodéchets et des excréments
- Empreinte 3 = Paris 2016
- Empreinte 4 = un Parisien végétalien conventionnel ou carnivore biologique
- Empreinte 5 = un Parisien demitararien biologique, à toilettes sèches et compostage des biodéchets

Les caractéristiques de Paris 2016

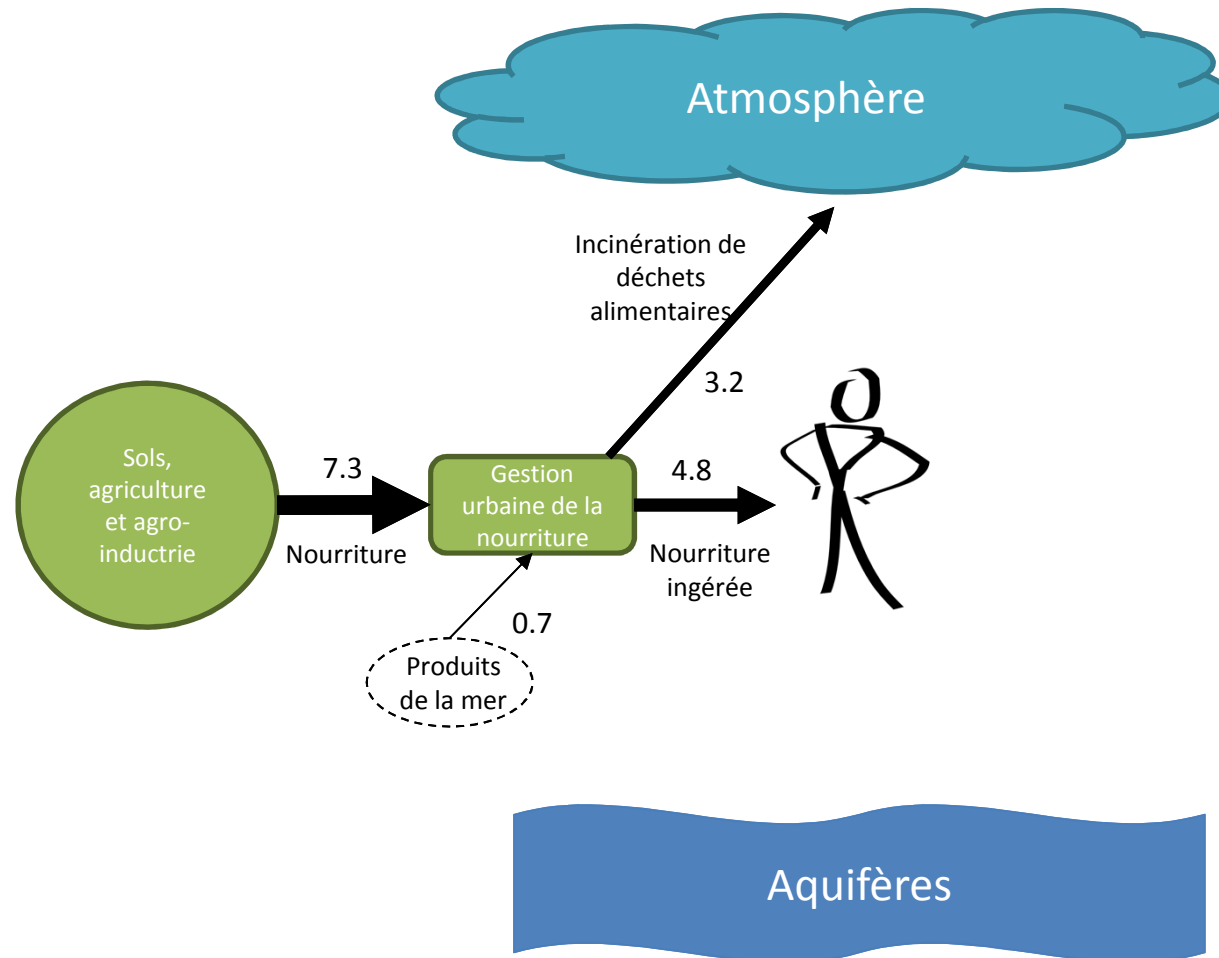
- Gaspillage alimentaire = 40%
- 5% de recyclage des biodéchets
- 5% de recyclage de l'azote des excréments
- 66% de protéines d'origine animale dans l'alimentation moyenne française
- 5 kg d'azote par personne par an ingérés VS un besoin physiologique de 3,5 kg.

Calculs d'empreintes & discussions

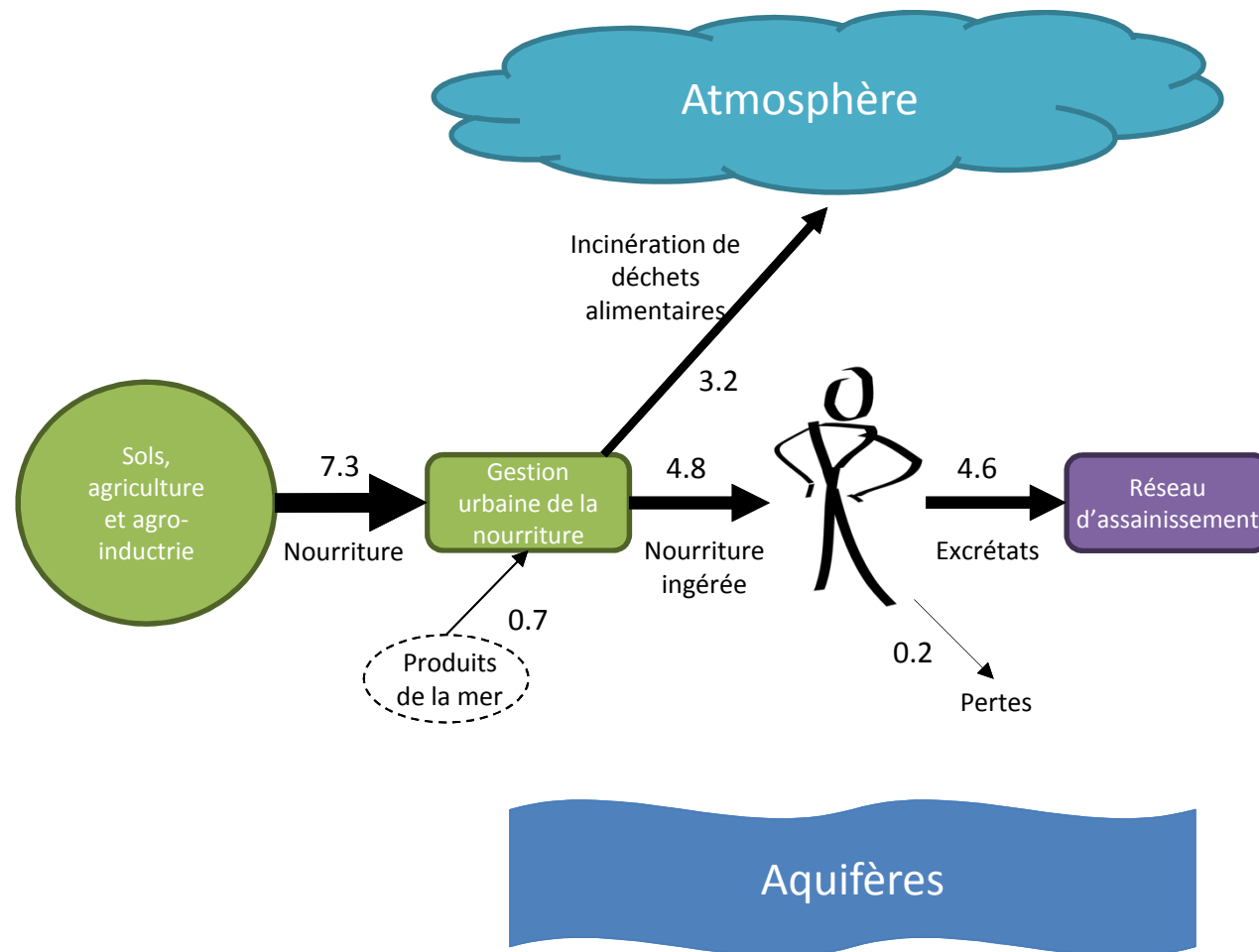
Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



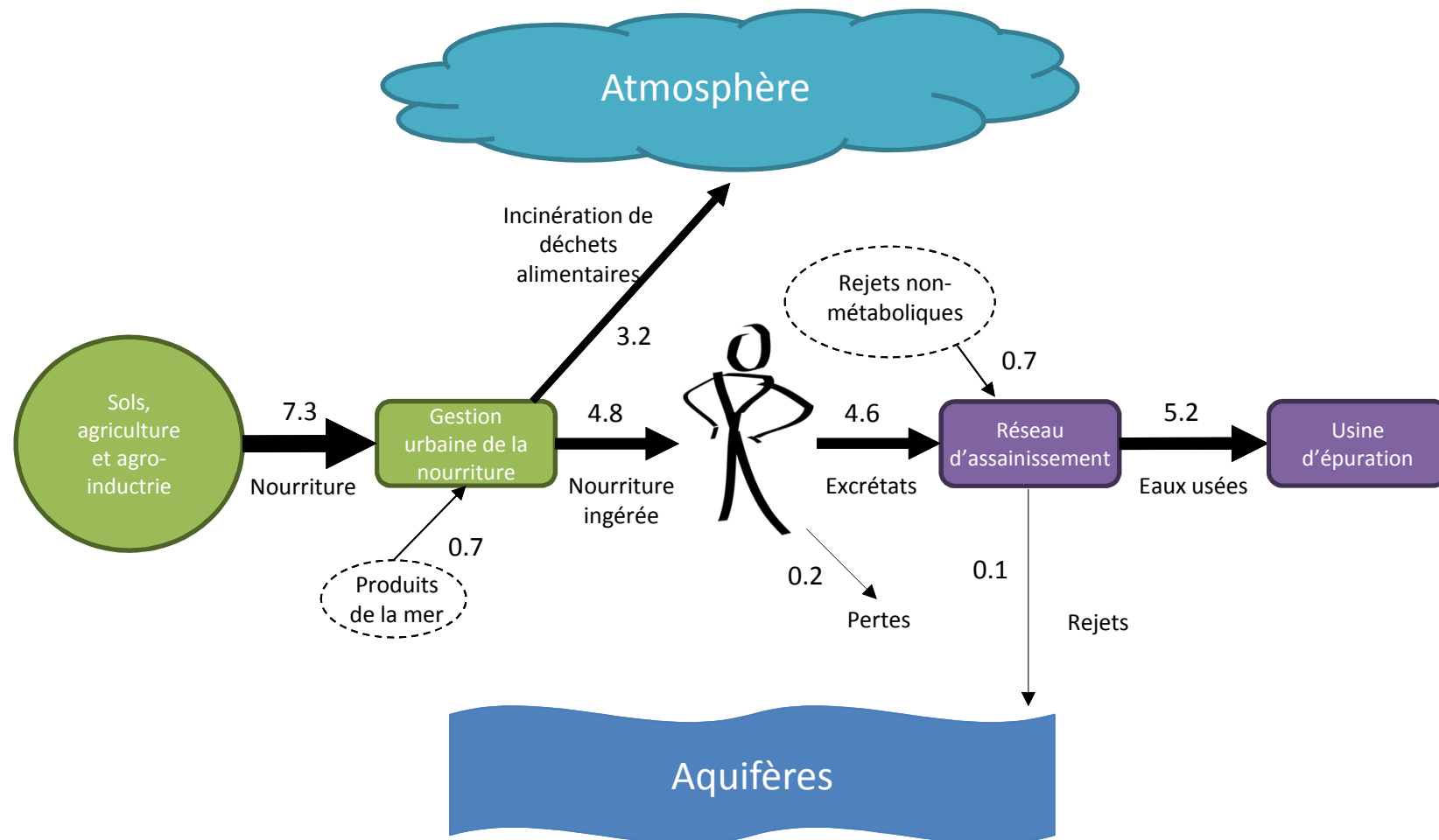
Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



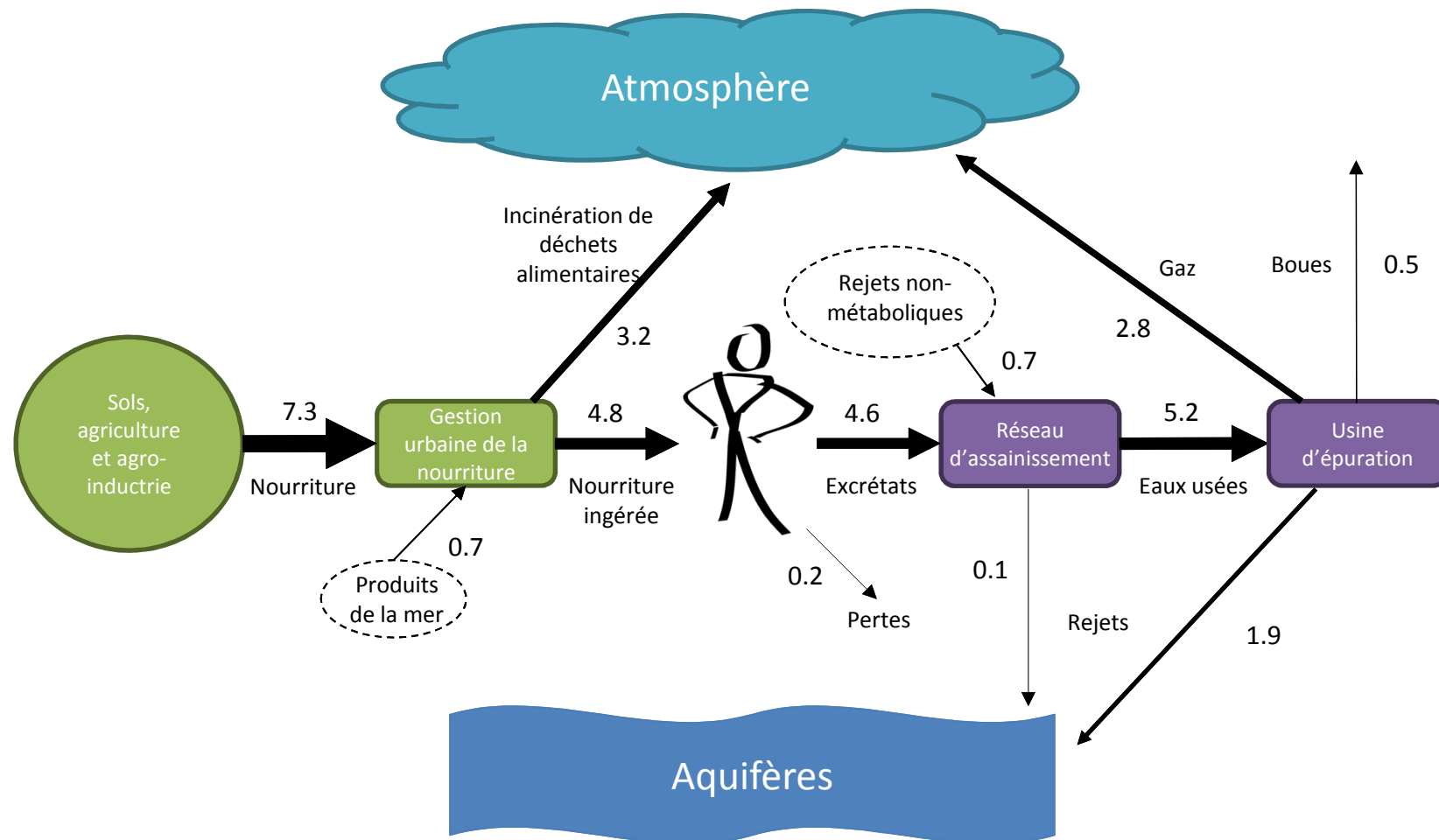
Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



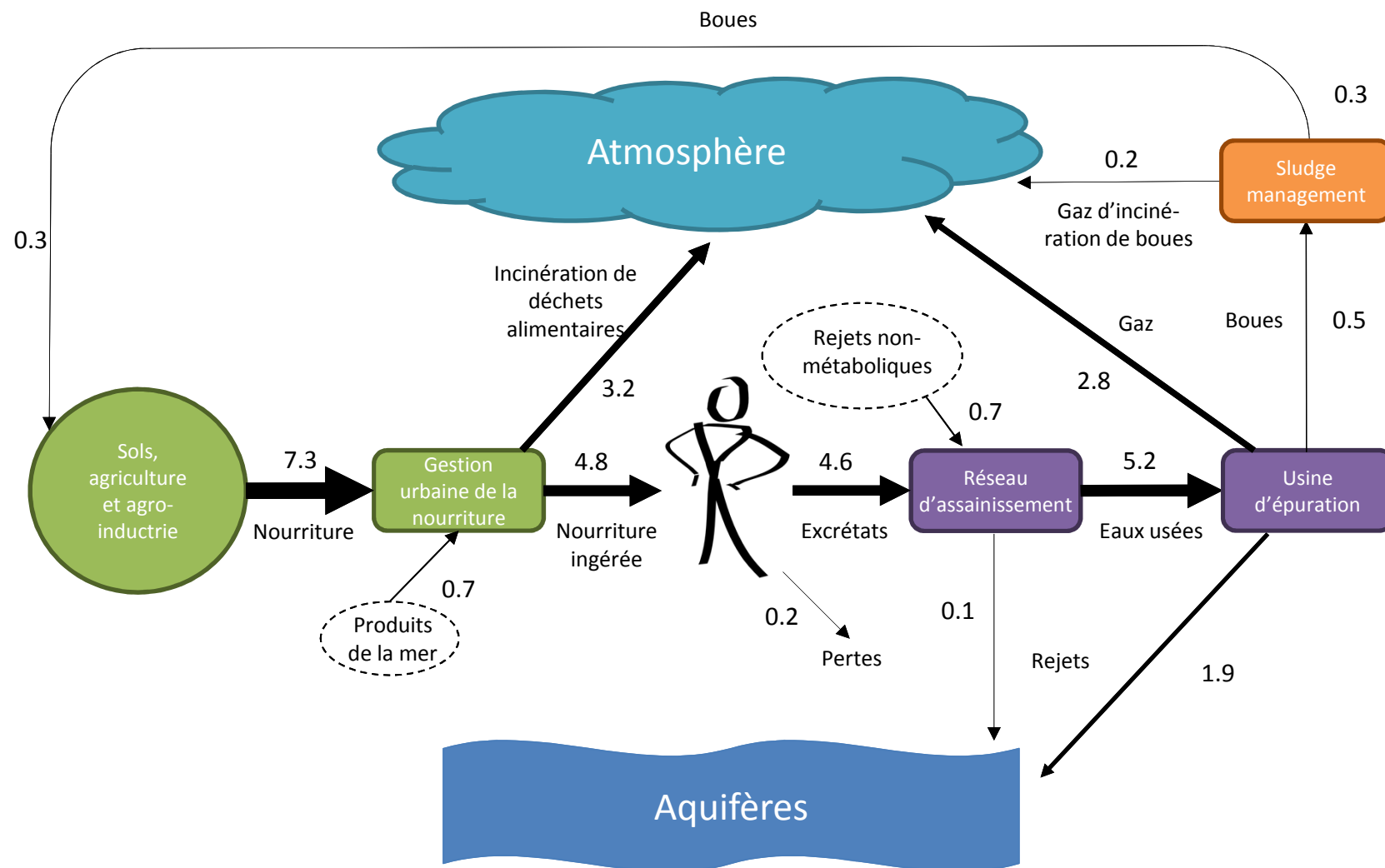
Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



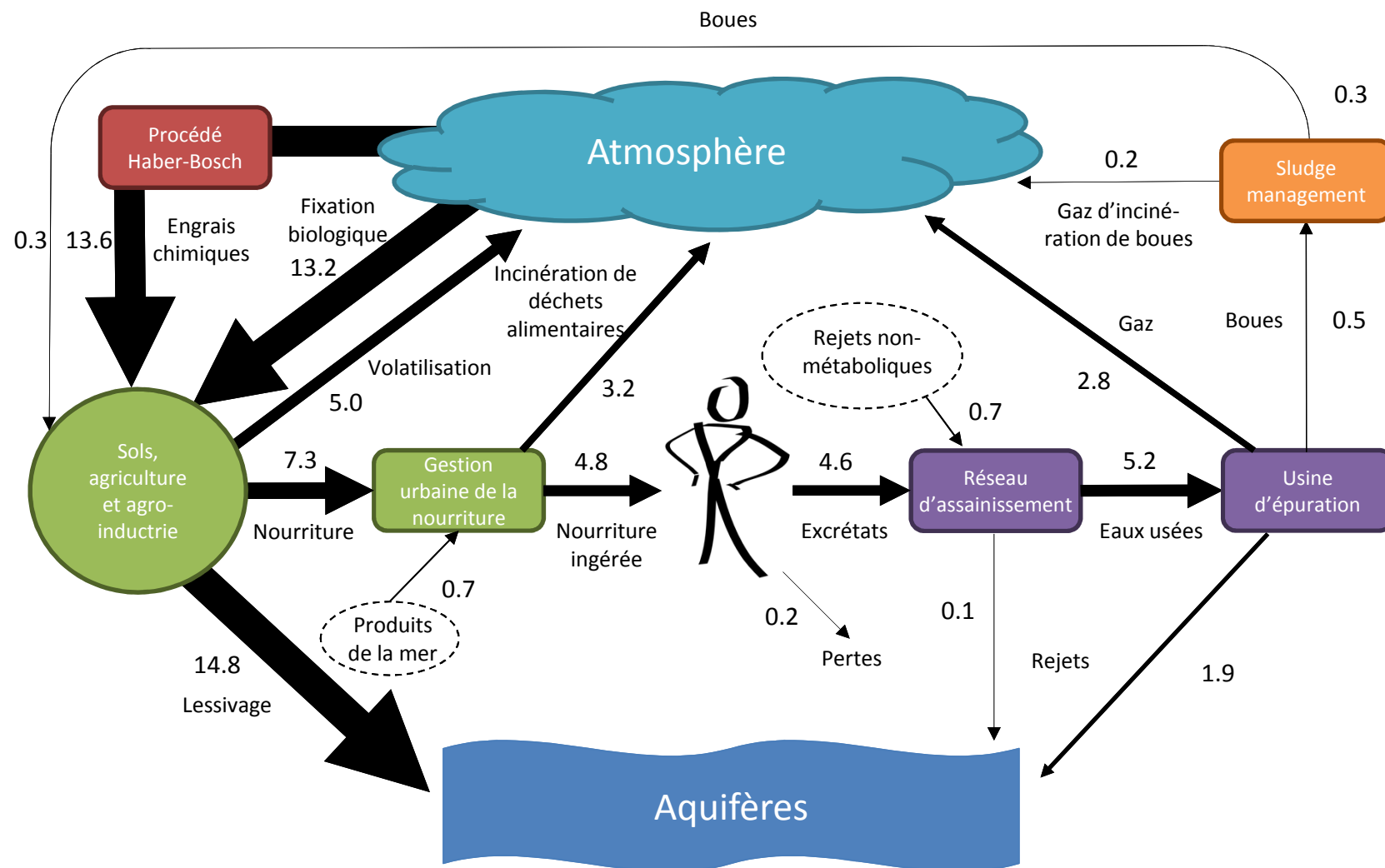
Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



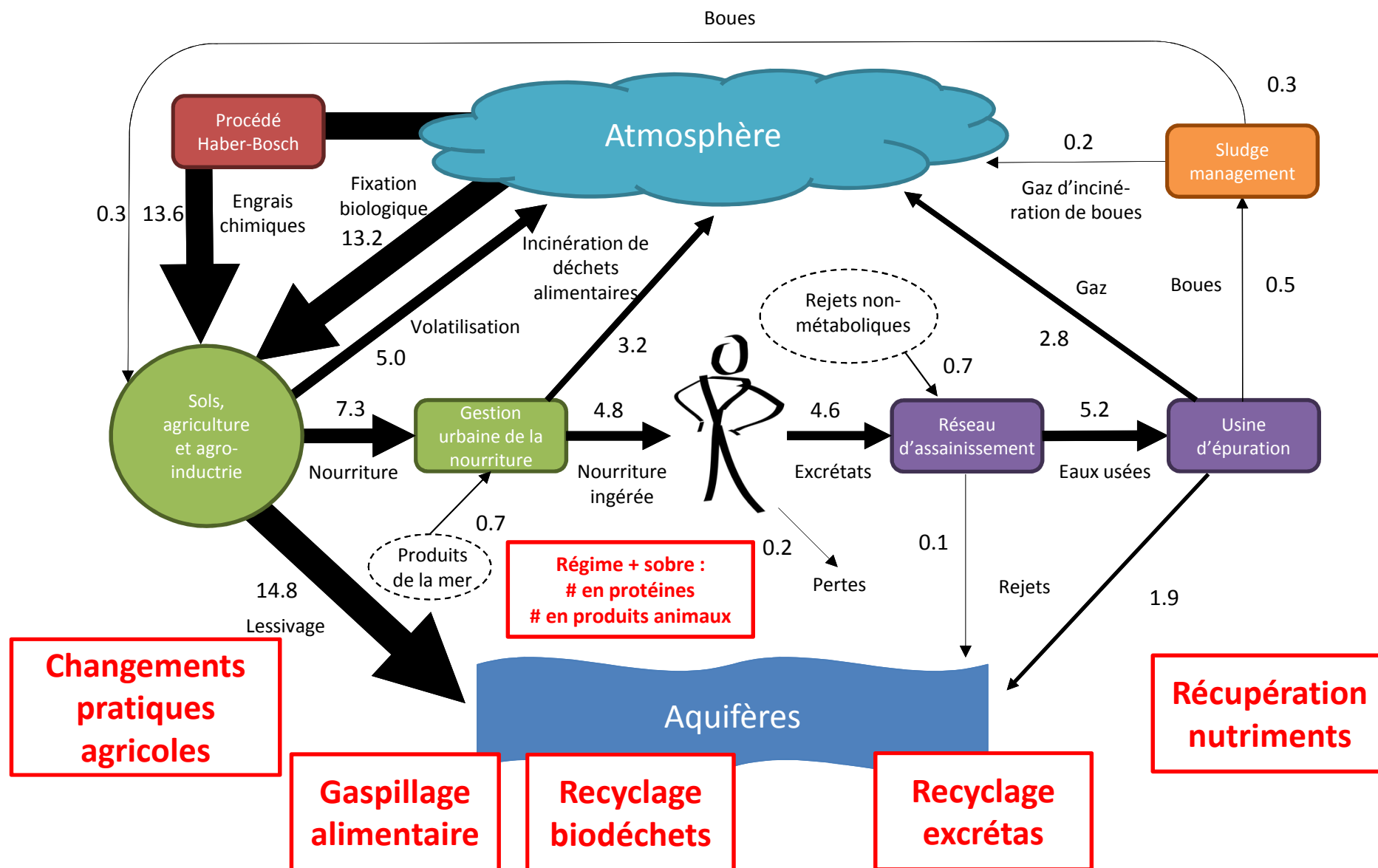
Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)

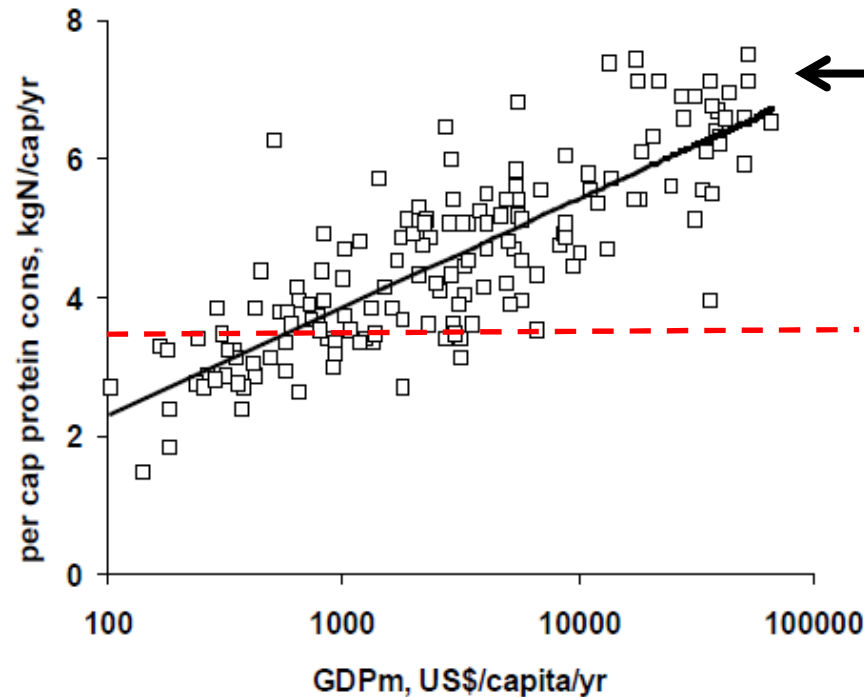


Flux d'azote liés au métabolisme des Parisiens en 2013 (kgN/pers/an)



Bonus discussion

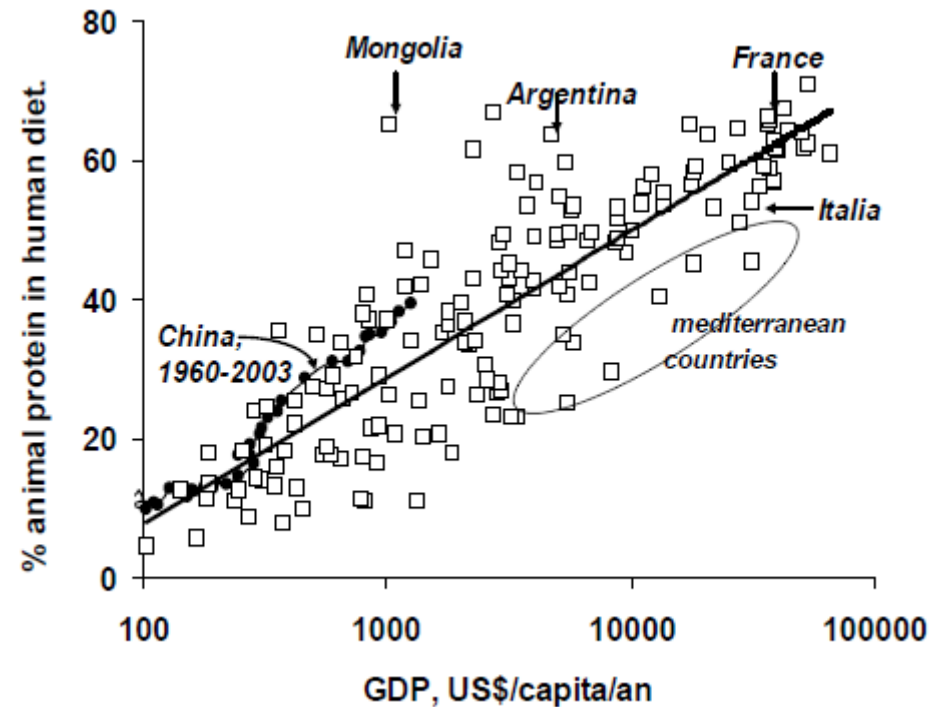
1. Sobriété



France

Recommandation
OMS et ANSES
protéines

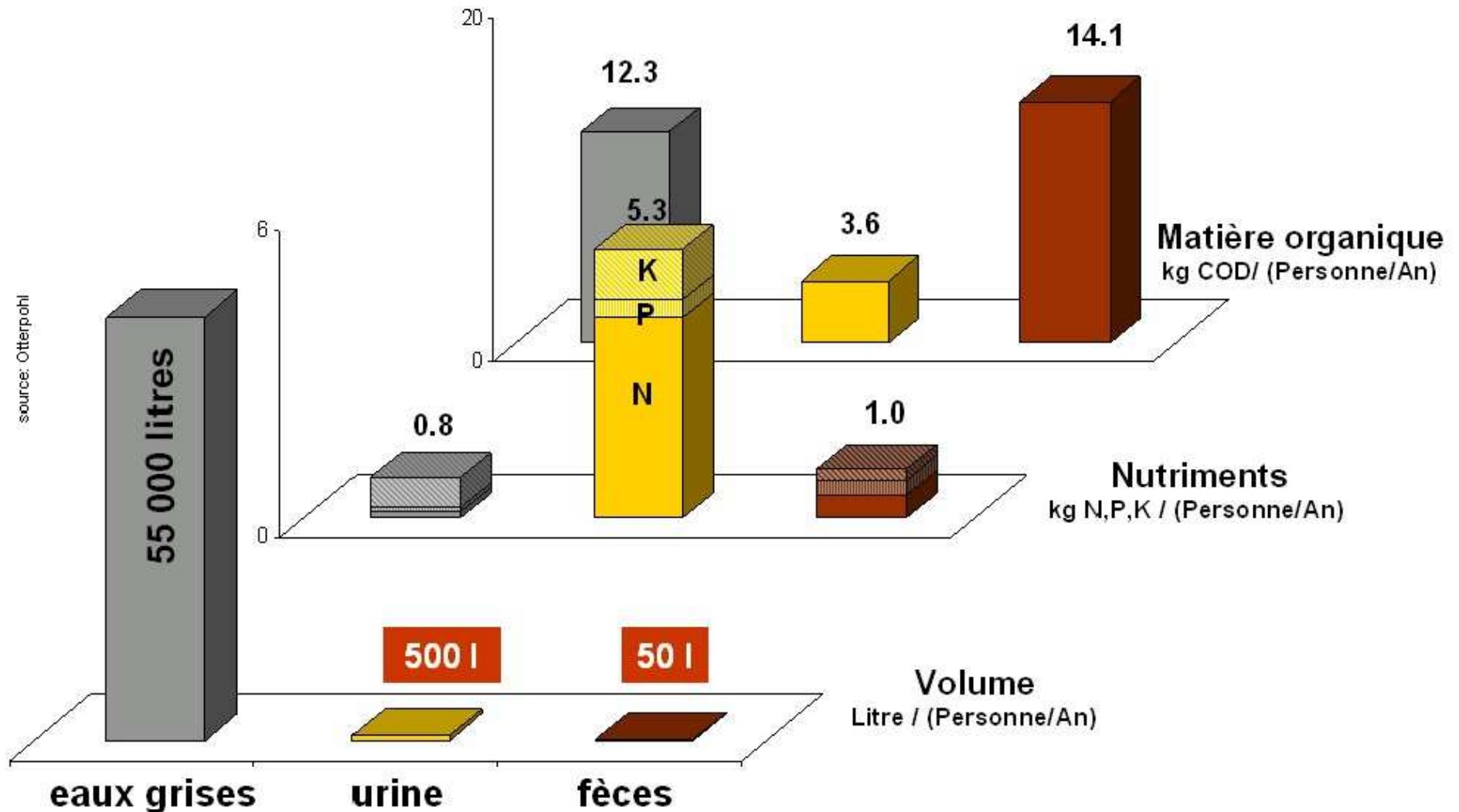
- Limiter les quantités de protéines
- Favoriser les protéines végétales



La situation aujourd'hui à Paris

	Rendements d'épuration pour la rivière	Valorisation
Carbone	87%	36%
Phosphore	82%	41%
Azote	62%	5%

Faire du tri à la source !



Empereur Vespasien (70 ap. JC)



« Atqui e lotio est »

Paris XIXème siècle



Fosse de Cazeneuve

10.000 tonnes
de 120 L par jour
pour 700.000
habitants

Suède : depuis 1990



2006 : (Vinneras, 2013)

- 120.000 toilettes sèches à séparation d'urine
- 15.000 toilettes à eau à séparation d'urine



Suisse : EAWAG depuis 1996

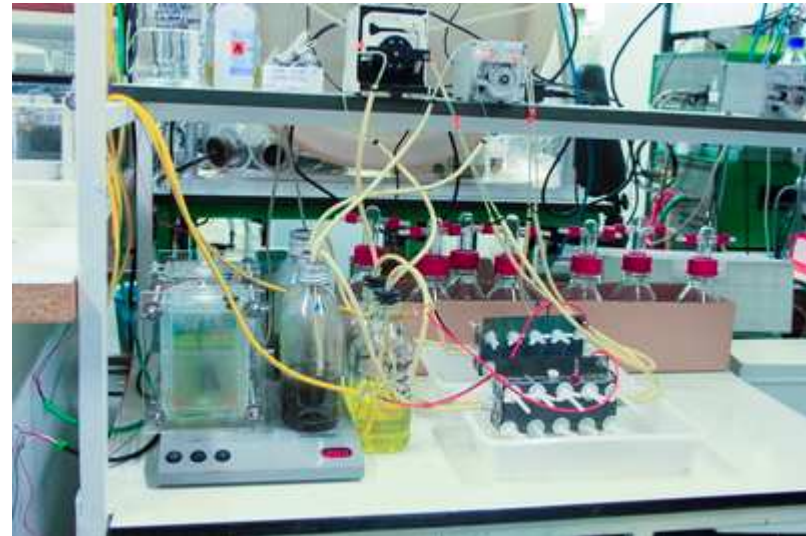


Rapport VUNA 2015

Hollande



Hollande - Wetsus



Synthèse de sulfate d'ammonium et de struvite à partir de l'urine (Saniphos)



**« From piss to pilsner »
Roskilde Festival, Danemark Eté
2015**



Allemagne

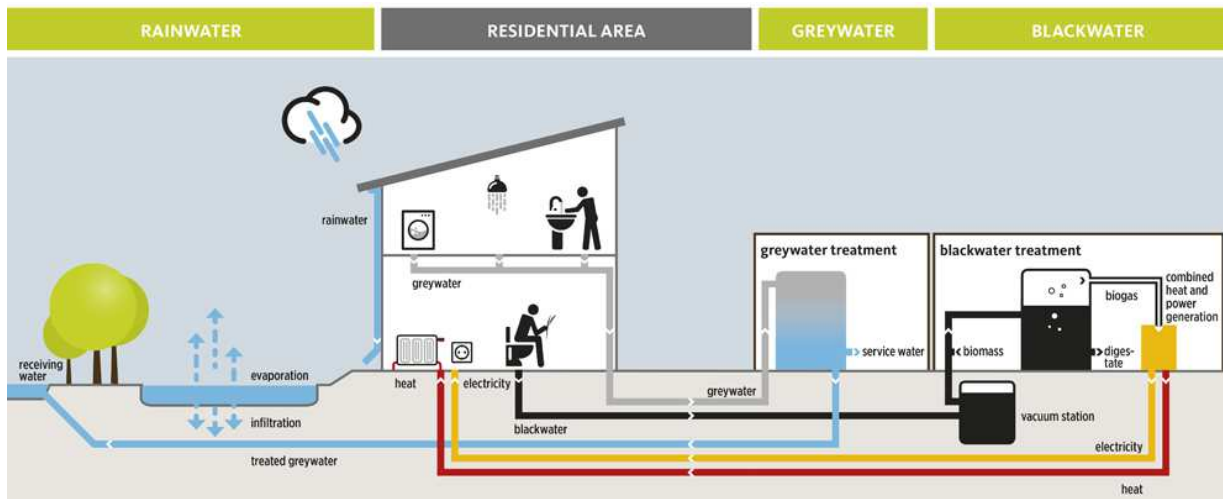
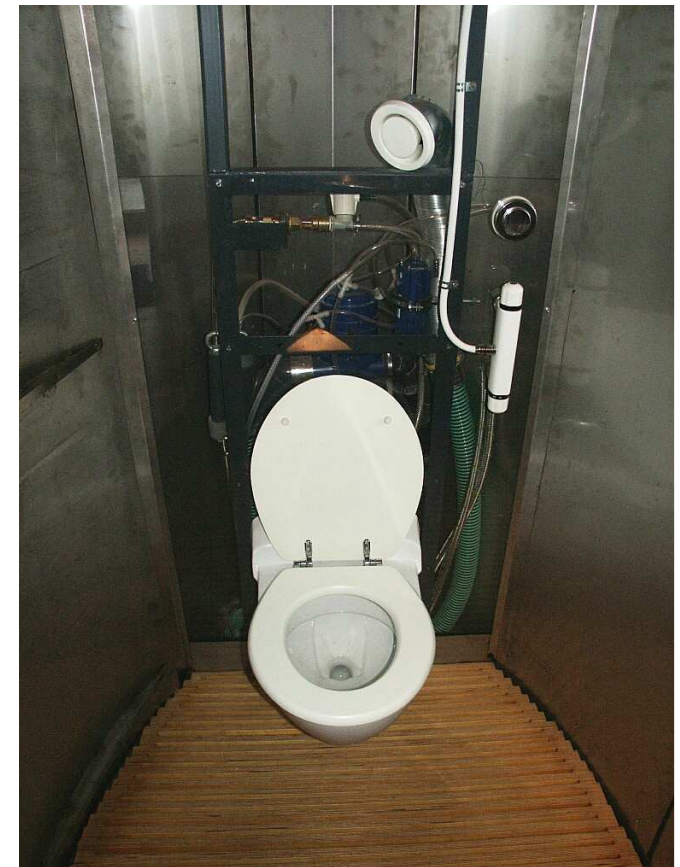
Quartier Vauban Freiburg

Toilettes sous vide puis méthanisation

Allermöhe – Hamburg

Compostage

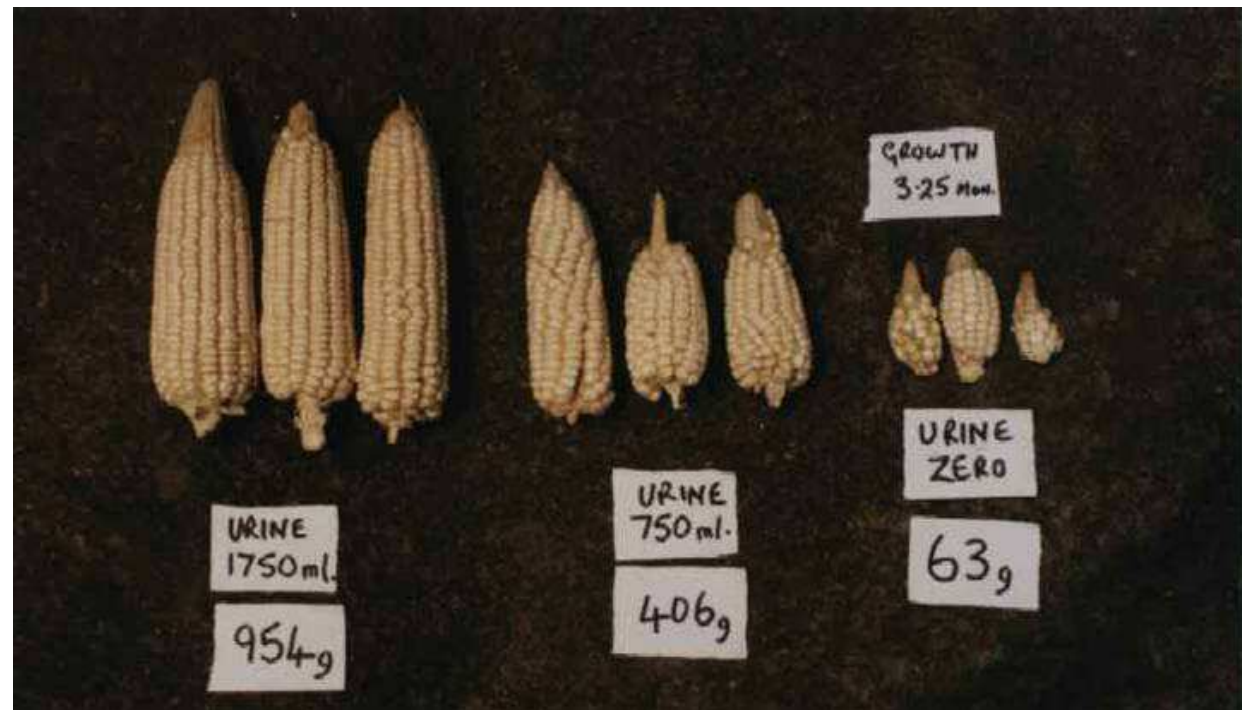
Jenfelder Au - Hamburg



Pays non équipés en égouts

- Urine = engrais pas cher !

Une journée
d'urine donne un
kilo de nourriture



Bad excreta management = triple penalty !

- Health impact
- Environmental impact



- Agricultural impoverishment



Exemples en Afrique



Ouaga-
dougou

Burkina
Faso



Sweetest Apples Company
Tianshui, Gansu, China
天水, 甘肃, 中国



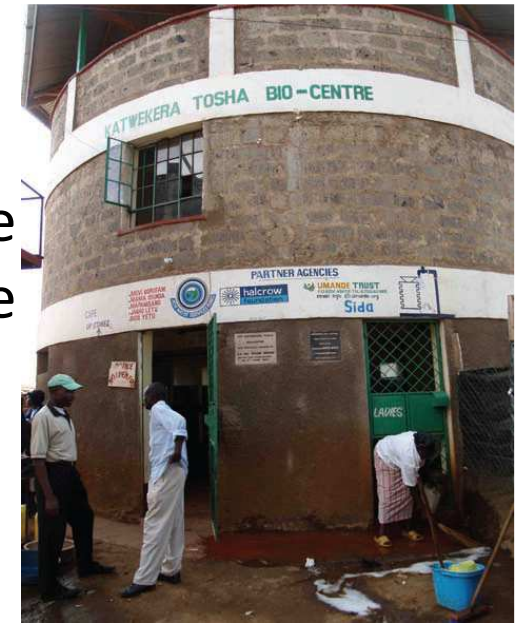
Chine

Plus de 2 millions de toilettes sèches à séparation d'urine construites entre 2000 et 2010



Kenya

Nairobi : bio-centre pour production de biogaz



Afrique du Sud

90.000 toilettes sèches à séparation d'urine en périphérie d'eThekwinini



Thermal compost chambers (each 6 m³)
in onsite plant at Erdos – 35 day cycle that reaches 55-60°C.

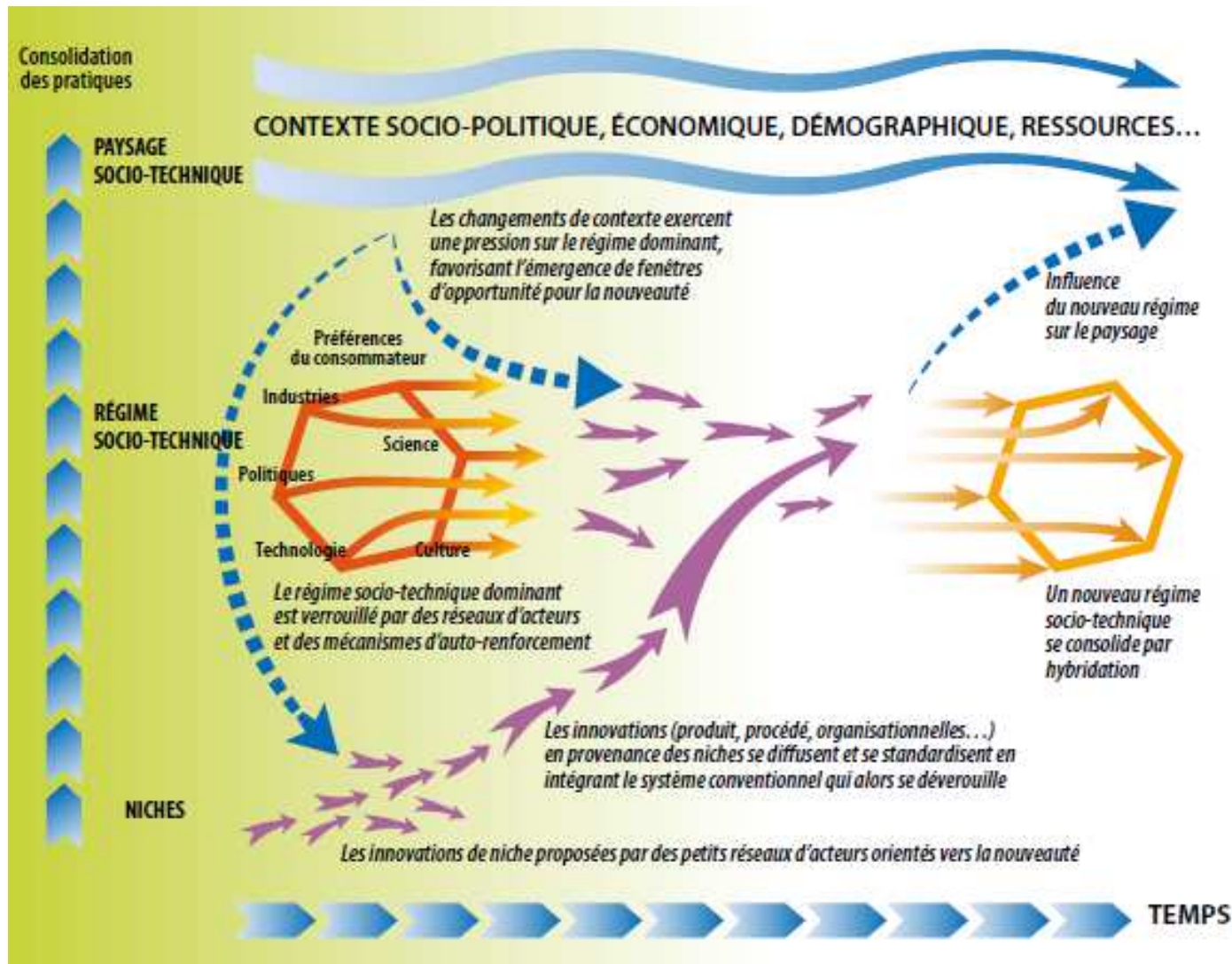
Des modèles pour tous les goûts



Urinoir féminin



La principale difficulté en France : un système socio-technique verrouillé



Des verrouillages à tous les niveaux

- Juridique
- Economique
- Culturel
- Sanitaire
- Scientifique
- Technologique
- Politique
- Etc.



Lancement de projets pilotes

- Réseau assainissement écologique (RAE)
- Projet SMS



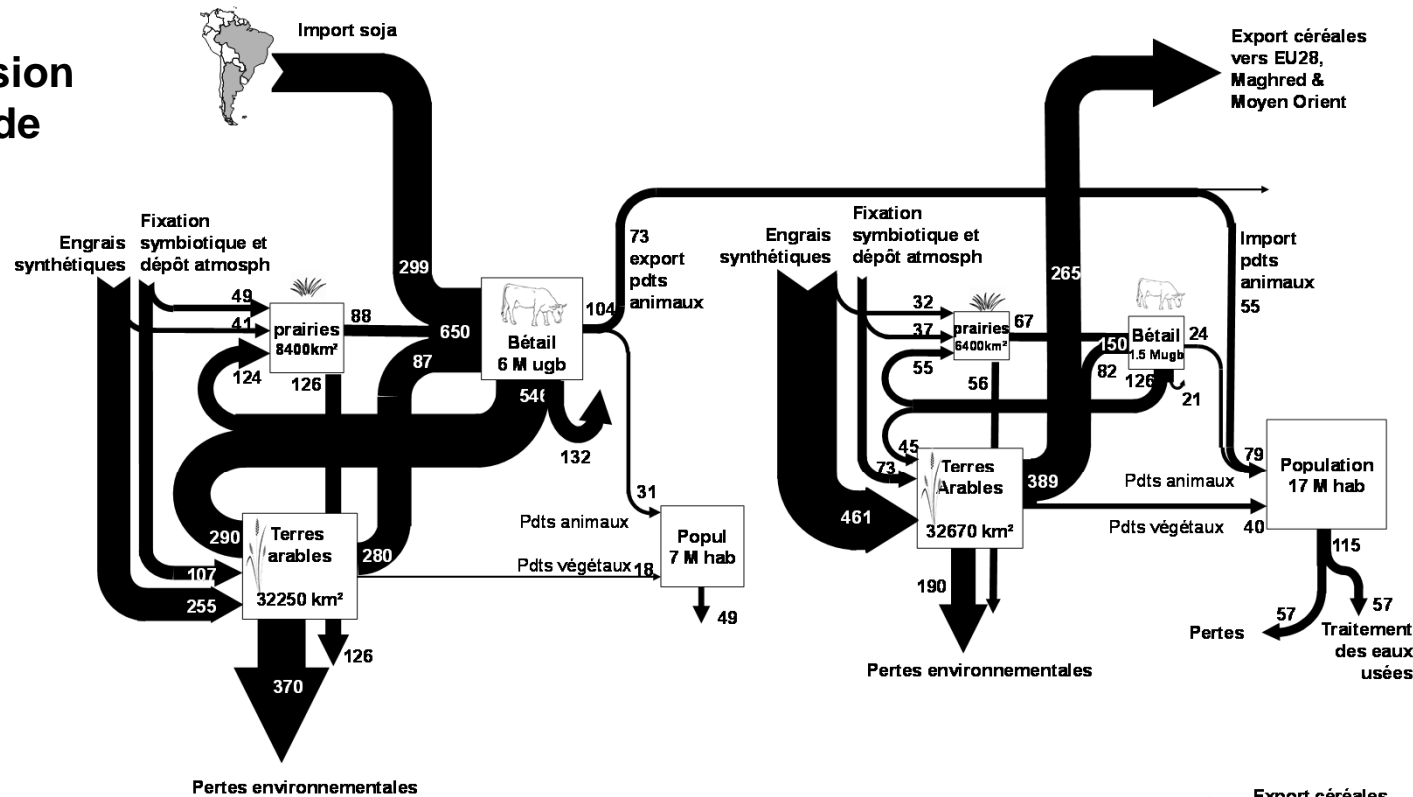
- Projet de collecte d'urine dans un futur bâtiment d'exploitation d'Achères

Exemple de
verrouillage :

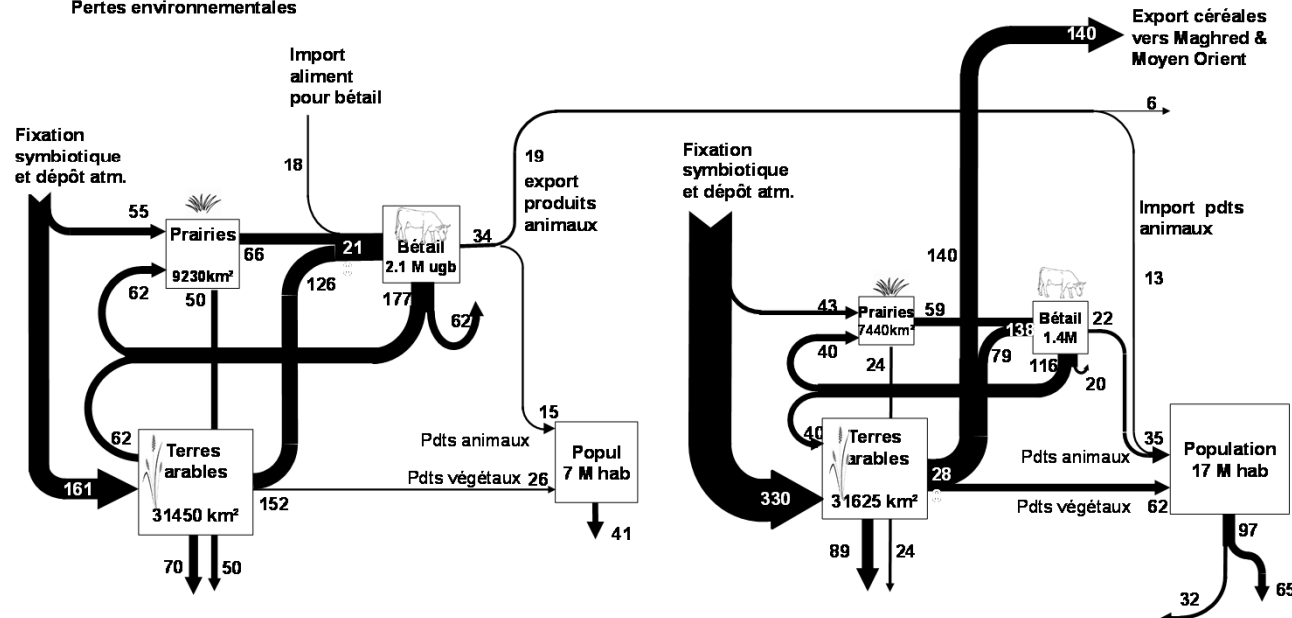


ktonN/an

Approvisionnement de Paris en 2006



Scénario Bio-Local-demitarien



Billen 2015

Quelques références

- Billen, Gilles, Josette Garnier, Vincent Thieu, et al. *La cascade de l'azote dans le bassin de la Seine: comprendre les processus pour inverser les tendances*. Nanterre: Agence de l'eau Seine-Normandie, 2011.
 - Dont description du scénario bio-local-démocratique : <http://www.sisyphe.upmc.fr/piren/?q=book/1335>
- Site internet N-print : <http://www.n-print.org>
- Site internet assainissement : <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>
- Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production:
 - En français : http://www.ecosanres.org/pdf_files/EcoRanRes_Urine_Guide_FRENCH_111026.pdf